BOSTON
MEDICAL LIBRARY

IN THE
Francis A. Countway
Library of Medicine
BOSTON

Gift of
Egon Wissing, M.D.

Digitized by the Internet Archive
in 2011 with funding from
Open Knowledge Commons and Harvard Medical School

http://www.archive.org/details/radiumundanderer00rhme

RADIUM

und andere radioaktive Substanzen

Unter
besonderer Benutzung eines von
Elektro-Ingenieur WILLIAM J. HAMMER, New-York
vor dem American Institute of Electrical Engineers und
der American Electrochemical Society
am 17. April 1903 gehaltenen Vortrages.

Bearbeitet
und mit zahlreichen Ergänzungen sowie einer

ausführlichen Literatur-Uebersicht

versehen
von

ERNST RUHMER

BERLIN
Verlag der Administration der Fachzeitschrift „Der Mechaniker"
(L. & M. HARRWITZ)
1904

THEODOR SCHUBERTH
BUCHHANDLUNG
DRESDEN-BLASEWITZ

R. of B 91.

Ph. F.B. 91. 2379

RADIUM

und andere radioaktive Substanzen

Unter
besonderer Benutzung eines von
Elektro-Ingenieur WILLIAM J. HAMMER, New-York
vor dem American Institute of Electrical Engineers und
der American Electrochemical Society
am 17. April 1903 gehaltenen Vortrages.

—•—

Bearbeitet
und mit zahlreichen Ergänzungen sowie einer

ausführlichen Literatur-Uebersicht

versehen

von

ERNST RUHMER

Phy 111

BERLIN
Verlag der Administration der Fachzeitschrift „Der Mechaniker"
(F. & M. HARRWITZ)
1904

Vorwort.

Vorliegende Schrift gibt eine allgemein verständliche, zusammenfassende Darstellung der wichtigsten Eigenschaften des Radiums und anderer radioaktiver Substanzen nach dem Stande der gegenwärtigen Forschung.

Trotz der Unscheinbarkeit der meisten radioaktiven Erscheinungen haben dieselben doch infolge ihrer Rätselhaftigkeit, und weil sie unsere bisherigen naturwissenschaftlichen Grundanschauungen in neue Bahnen zu lenken scheinen, das lebhafteste Interesse weitester Kreise hervorgerufen.

Die Einleitung, eine Uebersetzung des ersten Abschnittes eines von meinem Freunde, dem bekannten amerikanischen Elektro-Ingenieur, Herrn William J. Hammer, New York, vor der gemeinsamen Versammlung des American Institute of Electrical Engineers und der American Electrochemical Society am 17. April 1903 gehaltenen Vortrags über den gleichen Gegenstand, behandelt Fluoreszenz- und Phosphoreszenz-Phänomene, da diese die Entdeckung der radioaktiven Erscheinungen vermittelten. Den Schluss bildet, einem mehrfach ausgesprochenen Wunsche entsprechend, eine ausführlichere Literatur-Uebersicht über diesen neuen Zweig physikalischer Forschung.

Möge diese neue Schrift die gleiche freundliche Aufnahme finden wie meine früheren.

Berlin, 20. März 1904.

Ernst Ruhmer.

Gustav Dahne
Dresden-Blasewitz.

Die merkwürdige Erscheinung, dass gewisse Substanzen die kurzwelligen ultravioletten und unsichtbaren Strahlen in langwelligere sichtbare Lichtstrahlen umzuwandeln vermögen, hat Stokes mit dem Namen Fluoreszenz belegt.

In elektrotechnischer Ausdrucksweise könnte daher eine fluoreszierende Substanz als Frequenz-Transformator für Lichtwellen bezeichnet werden.

Stokes fasste seine Untersuchungen über diese Erscheinung in das Gesetz zusammen:

„Das ausgestrahlte Fluoreszenzlicht enthält stets Strahlen von geringerer Brechbarkeit als das erregende Licht“;

oder mit anderen Worten:

„Die Fluoreszenzstrahlen besitzen stets längere Wellenlänge als die die Fluoreszenz hervorrufenden, von der Substanz absorbierten Strahlen.“

Allerdings sind auch Ausnahmen vom Stokesschen Gesetz bekannt geworden, bei denen sich die Frequenz der Strahlung erhöht; aber in diesen Ausnahmefällen treten gewöhnlich gewisse chemische Reaktionen auf.

Bereits Brewster (1833) und Herschel (1848) hatten die Beobachtung der Frequenzverminderung ultravioletter Strahlen, so dass letztere sichtbar werden, gemacht, aber die erste genauere Untersuchung, Erklärung und Benennung nach gewissen Spielarten vom Flussspat erfolgte erst durch Stokes im Jahre 1852.

Im Falle der Fluoreszenz hält das Selbstleuchten nur während der Bestrahlung selbst an; dauert hingegen das Selbstleuchten noch eine Zeitlang fort, so bezeichnet man diese Erscheinung als Phosphoreszenz.

Das Fluoreszenzlicht hat eine grosse Aehnlichkeit mit dem Lichte phosphoreszierender Körper, und die vollständige Analogie beider Erscheinungen wurde von Becquerel mittelst des von ihm konstruierten Phosphoroskops nachgewiesen.

E. Wiedemann hat daher für Fluoreszenz-, Phosphoreszenz- und ähnliche Erscheinungen — sogenannte „kalte" Lichtstrahlungen — die gemeinsame Bezeichnung Lumineszenz vorgeschlagen, doch hat sich diese nicht auf jene von den radioaktiven Substanzen ausgesandten Strahlen, die den Gegenstand der folgenden Betrachtungen bilden, übertragen. Von fluoreszierenden Flüssigkeiten seien genannt: Petroleum, Auflösungen von Aesculin, Chinin, Chlorophyll, Eosin, Fluoresceïn, Magdalarot, Paraffinöl, Resorcin, Rhodamin, Safrosin, Thallin, Uranin etc. Alle diese Substanzen zeigen wunderbare Farbenwechsel im direkten und reflektierten Licht. Besonders schöne Effekte weisen sie aber bei Bestrahlung mit ultraviolettem Licht auf; z. B. fluoresziert die grüne Auflösung des Chlorophylls mit blutroter Farbe, die alkoholische Lösung des karmoisinroten Magdalarots prachtvoll orangegelb, das gelbrote Eosin hellgelb, gelbe Fluoresceïnlösung schön grün, gelbes Steinöl mit blaugrüner Farbe, Aesculin hellblau, farblose durchsichtige Chininlösung schön himmelblau, Paraffinöl blau etc.

Die verschiedenen anderen Substanzen geben eine prächtige Oberflächenfarbe, die von derjenigen der tieferen Schichten der Lösung völlig abweicht. Kleine Stückchen Rosskastanien- oder Eschenrinde rufen, in verdünnte ammoniakalische Lösungen geworfen, besonders schöne Fluoreszenzeffekte hervor, wenn das färbende Material langsam in der Flüssigkeit sinkt.

Wenn man mittels fluoreszierender Substanzen Blumen auf Kartons zeichnet, so erzielt man wunderbare Effekte, wenn man Licht, das vorher ein dunkelblaues oder violettes Farbglas passiert hat, auf die vorher unscheinbaren Zeichnungen fallen lässt; auch Natriumdampf fluoresziert lebhaft im Sonnenschein.

Neben flüssigen und gasförmigen Substanzen sind es hauptsächlich feste, die Fluoreszenz zeigen, wie z. B. Baryumplatincyanür, wolframsaures Calcium, welche speziell in der Röntgenstrahlentechnik für Fluoreszenzschirme Verwendung finden, Zinksulfid, Willemit (Zinksilikat) und andere.

Prof. R. W. Wood hat einen interessanten ultravioletten Filter hergestellt, welcher aus vier Kobaltglasplatten besteht, zwischen denen sich mit Nitroso-Dimethyl-Anilin und Kupfer-

oxyd getränkte Gelatinefilms befinden. Hält man dieses Filter vor eine Bogenlampe, so kann man in dem Brennpunkt der das Filter passierten unsichtbaren, ultravioletten Strahlen Stücke von Urannitrat zu prächtiger Fluoreszenz anregen.

Ein mit Rhodamin getränkter Papierschirm beginnt ebenfalls in dem Lichte einer Cooper Hewitt-Quecksilberdampflampe lebhaft zu fluoreszieren.

Während die meisten Körper nur bei beträchtlicher Temperaturerhöhung in glühendem Zustande Licht aussenden, gibt es andere, die bei gewöhnlicher Temperatur phosphoreszieren und so im kalten Zustande eine beträchtliche Lichtmenge auszustrahlen imstande sind.

Von den vielen phosphoreszierenden Körpern seien zwei seit langer Zeit bekannte Präparate genannt; der 1602 durch Casciarlo zuerst hergestellte Bologneser Leuchtstein (Schwefelbarium), das durch Reduktion von schwefelsaurem Baryt (Schwerspat) mit Kohle erhalten wird und Cantons Phosphor, den man durch Glühen von Austernschalen mit Schwefel erhält.

Phosphoreszenz-Erscheinungen derartiger Präparate nach voraufgegangener Beleuchtung (Insolation) mit Sonnenlicht, elektrischem Licht oder Magnesiumlicht sind besonders von Prof. A. E. Becquerel und Dr. John Draper eingehend untersucht worden. Fast alle Substanzen in der Natur phosphoreszieren; während einige nur auf eine zehntausendstel Sekunde phosphoreszierend bleiben, behalten andere ihre Phosphoreszenz stundenlang bei.

Dem Sonnenlicht ausgesetzt gewesenes Schwefelcalcium wirkt noch, nachdem es sechs Wochen im Dunkeln aufbewahrt wird, auf eine photographische Platte ein.

Alle phosphoreszierenden Substanzen sind gegen Temperaturschwankungen sehr empfindlich. In neuerer Zeit ist es Balmain gelungen, stark und dauernd phosphoreszierendes Schwefelcalcium in luftbeständiger Beschaffenheit herzustellen und dasselbe zu leuchtenden Anstrichen praktisch zu verwerten.

Prof. Dewar hat ferner gezeigt, dass Eierschalen, Elfenbein, Federn, Papier etc. zu lebhafter Fluoreszenz angefacht werden, wenn sie mittels flüssiger Luft auf ca. 200° C. unter Null abgekühlt, dem Licht ausgesetzt werden.

Manche Körper scheinen so bei niedriger Temperatur Energie aufnehmen und Licht bei höherer Temperatur ausstrahlen zu können. In der Tat hat Dewar beobachtet, dass ungefähr beim Siedepunkt des flüssigen Sauerstoffs (ca.

— 184° C.) alle Körper, selbst lebendes Gewebe, phosphoreszierend werden.

Manche Diamanten und besonders die als Chlorophan bekannte Varietät des Flussspats leuchten bereits, wenn man sie auf eine heisse Platte legt, wie Glühwürmchen. Aehnliche Effekte lassen sich mit Chininsulfat erzielen, wenn man dasselbe auf Papier streut und letzteres auf eine heisse Metallplatte in einer Dunkelkammer legt. Man erhält lebhafte Phosphoreszenz, welche von den Ecken nach der Mitte hin verläuft.

Schmilzt man Borsäure und lässt sie abkühlen, so bricht dieselbe in kleine Stücke, wobei an den Bruchstellen Phosphoreszenzlicht auftritt.

Dasselbe Phänomen erhält man, wenn man Natriumsulfid mit Cremor-tartari zusammenschmilzt. Löst man Phosphor in Aether und lässt die Lösung mehrere Tage in einer fest verkorkten Flasche stehen, so beginnt, wenn man ein Stück Zucker in diese Lösung taucht und dasselbe dann in ein Glas Wasser fallen lässt, die ganze Oberfläche zu leuchten.

Lord Kelvin hat uns gelehrt, dass der kleinste Teil eines Körpers, der durch das beste Mikroskop wahrgenommen werden kann, 18—20 Millionen Atome enthält. Während wir bis vor kurzem als kleinstes Teilchen das Atom des Wasserstoffs, des leichtesten Gases, ansahen, hat uns jetzt Prof. J. J. Thomson gezeigt, dass diese Atome aus Tausenden von Fragmenten oder Korpuskeln — wie er sie nennt — bestehen. Crookes hatte zuerst darauf hingewiesen und Villard in Paris führte den entscheidenden Nachweis, dass die Kathodenstrahlen aus elektrisch negativ geladenen Wasserstoffkorpuskeln, die sich mit einer Geschwindigkeit von ca. 100 000 km in der Sekunde fortbewegen, bestehen. Um die Zusammensetzung eines Atoms zu kennzeichnen, sei an einem drastischen Vergleich des kürzlich verstorbenen Prof. Henry Rowland erinnert, der einen Steinway-Konzertflügel im Vergleich zu einem Eisenatom einen einfachen Mechanismus nannte.

Prof. Crookes hat manche interessante Experimente ausgeführt, bei denen Substanzen, wie z. B. Calcit, Flussspat, Kalk, Korallen, Lava, Rubin, Smaragd etc., im Innern einer Vakuumröhre — einer sogenannten Crookesschen Röhre — durch das Aufprallen der von der Kathode mit ungeheurer Geschwindigkeit fortgeschleuderten materiellen Teilchen, den „Kathodenstrahlen der deutschen Physiker", zur Phosphoreszenz angefacht werden. Prof. Crookes hat auf diese Weise einen Diamant im Innern einer Crookesschen Röhre so zur Phos-

phoreszenz erregt, dass er eine volle Kerzenstärke Licht lieferte. Auf demselben Prinzipe beruht die wolframsaure Kalk-Lampe Edisons. Dieselbe besteht aus einer Crookesschen Röhre, deren innere Wandungen mit geschmolzenen Kristallen von wolframsaurem Kalk bedeckt sind, so dass sie blendend phosphoreszieren wenn die Lampe mit den hochgespannten Strömen eines Funkeninduktors gespeist wird.

Diese Edison'schen Lampen werden oft X-Strahlenlampen genannt, aber mit Unrecht, denn obgleich eine, einer Röntgen-Röhre ähnlich geformte Röhre benutzt wird, sind es doch nicht die ausserhalb der Röhre auftretenden X-Strahlen, sondern die innerhalb der Röhre verlaufenden Kathodenstrahlen, welche die Phosphoreszenz hervorrufen. Man kann dies leicht dadurch nachweisen. dass man eine auf den Aussenwänden mit wolframsaurem Calcium und Baryumplatincyanür überzogene Röhre mit den von einer gewöhnlichen Crookesschen Röhre ausgehenden X- oder Röntgen-Strahlen bestrahlt. Während die überzogene Glaswand wie jeder Fluoreszenzschirm in den X-Strahlen fluoresziert, ist doch keine Phosphoreszenzerscheinung vorhanden, denn im Momente des Erlöschens der X-Strahlen hört auch die Schicht auf zu fluoreszieren — es findet kein Nachleuchten statt.

Während nun die Kathodenstrahlen bei ihrem Auftreffen auf die innere Glaswand einer Röntgen-Röhre aussen sekundäre Aetherpulsationen – die Röntgen- oder X-Strahlen – hervorrufen, kann man die umgekehrte Wirkung erzielen, wenn man die Aussenseite einer Edison'schen Röhre mit den Röntgenstrahlen einer Crookes'schen Röhre bombardiert. Im Innern der nur in der Nähe befindlichen Edison-Lampe werden dann Kathodenstrahlen hervorgerufen, welche das wolframsaure Calcium in lebhafte Phosphoreszenz versetzen. Die auftretenden Kathodenstrahlen können auch mittels eines Magneten in bekannter Weise abgelenkt werden. Dieses Hammer'sche Experiment ist wohl das erste, durch welches X-Strahlen wieder in Kathodenstrahlen zurückverwandelt wurden.

Die wunderbaren Phosphoreszenz-Erscheinungen können auch manche praktische Anwendung finden. Man hat phosphoreszierende Leuchtschirme zur Beleuchtung in Pulvermagazinen benutzt, mit Balmainscher Leuchtfarbe bestrichene Hausschilder, Streichholzständer und Zifferblätter von Uhren sind ziemlich verbreitet. Man hat vorgeschlagen die Tapete mit Leuchtfarbe zu imprägnieren, ja sogar die Häuser damit anzustreichen.

Eine mit besonders präpariertem Zinksulfid und einer Spur Radium gefüllte Röhre, phosphoresziert sehr lebhaft. Selbst wenn man die Röhre jahrelang im Dunkeln aufbewahrt, wirkt das Radium auf das Zinksulfid ein und macht dasselbe phosphoreszierend. Vielleicht gelingt es auf diese Weise eine Substanz zu finden, die von den Radiumstrahlen so stark angeregt wird, dass sie als Lichtquelle dienen kann.

Eine Reihe von Versuchen sind beschrieben worden, bei denen verschiedene Substanzen durch Elektrizität zum Selbstleuchten erregt werden können.

Eine mit Siliciumbromid oder Chlorid gefüllte und etwa auf 12—15 mm Druck evakuierte Glasröhre leuchtet, wenn man sie mit einem Seidentuch kräftig reibt, grüngelb bezw. rot.

Hierher gehören auch die mit etwas Quecksilber gefüllten Leuchtröhren, welche beim Schütteln die eingeschlossenen Gase, wie z. B. Kohlensäure oder Stickstoff, zum Leuchten bringen. Mit Quecksilbersalzen gefüllte Röhren zeigen die merkwürdige Eigenschaft, dass sich die Farbe des Phosphoreszenzlichtes ändert, wenn man dieselben in einer Spiritusflamme erhitzt.

Eine lange spiralförmige Glasröhre, die sich an verschiedenen Stellen ihrer Länge in Kugeln ausdehnt und mit Schwefelsäureanhydrid gefüllt ist, wird phosphoreszierend und leuchtet längere Zeit nach, wenn man sie zuerst durch den hochgespannten Strom eines Funkeninduktors anregt.

Eine mit Phosphor und Olivenöl gefüllte Flasche wird prächtig phosphoreszierend, wenn man den Korken von der Flasche entfernt und Luft in dieselbe eintreten lässt. Die Phosphoreszenz wird durch die Verbrennung oder Oxydation der Flüssigkeit hervorgerufen.

Man kann auf ähnliche Weise phosphoreszierende Schriftzüge hervorbringen, wenn man auf eine mit heissem Wasser angefeuchtete Glasplatte mit einer Phosphorstange schreibt.

Andere Formen der Phosphoreszenz werden durch chemische Verwandlungen oder langsame Verbrennung bei verwesenden vegetabilischen Substanzen oder sich zersetzenden Fischen und auch bei Schweinefleisch bedingt.

Unter den Pflanzen sind insbesondere leuchtende Bakterien und Pilze bekannt geworden.

Viele der Leser werden sich gewiss der im Palais de l'Optique der letzten Pariser Weltausstellung ausgestellten leuchtenden Mikroben entsinnen. Unter den Tieren sind es besonders viele Meeresbewohner, die leuchten und so das Meeresleuchten hervorrufen; von Insekten sei unser Johanniswürmchen genannt, welches das billigste bisher bekannt gewordene Licht liefert. —

Ausser infolge des Einflusses von Wärme, Licht oder Elektrizität und als Begleiterscheinung chemischer Vorgänge, findet Phosphoreszenz ferner infolge mechanischer Einwirkungen, so z. B. beim Reiben von Kristallen aneinander, beim Spalten von Glimmer, beim Zerstossen von Zucker usw. statt.

Auch bei der Kristallisation gewisser Körper kann man Phosphoreszenzerscheinungen beobachten. —

Nachdem wir nun einige bekanntere Fluoreszenz- und Phosphoreszenz-Erscheinungen kennen gelernt haben, wenden wir uns zum eigentlichen Gegenstande unserer Betrachtungen, zu jenen merkwürdigen, vor kurzem aufgefundenen Körpern, die scheinbar ohne jede Beeinflussung durch Wärme-, Licht-, elektrische Wellen oder andere erregende Ursache, von dem Momente ihrer Herstellung an unaufhörlich Licht aussenden. Gerade die bisher nicht genügend bekannte Energiequelle der Strahlung dieser Substanzen ist es, welche die Erscheinungen zu aussergewöhnlichen physikalischen macht, ihnen ein mystisches, rätselhaftes Gepräge verleiht und die Aufmerksamkeit weiterer Kreise auf das Actinium, Radium, Polonium und Thorium gelenkt hat. Zwei Beobachtungen seien zunächst erwähnt, die der Entdeckung der radioaktiven Erscheinungen — unter welchen Namen sie zusammengefasst werden — unmittelbar voraufgingen. Henry fand zuerst, dass phosphoreszierendes Zinksulfid durch schwarzes Papier hindurch, ähnlich wie Röntgenstrahlen, photographisch wirkt und Niewenglowski erhielt sogar durch eine dünne Aluminiumfolie photographische Eindrücke mit vorher im Sonnenlicht zur Phosphoreszenz angeregtem Calciumsulfid.

Herr Becquerel stellte ähnliche Versuche mit Uransalzen, von denen einige fluoreszierend sind, an, insbesondere mit Urankaliumsulfat und Uranammoniumsulfat. Becquerel glaubte zuerst, dass er es mit fluoreszenzähnlichen Erscheinungen zu tun habe, fand aber bald durch Zufall, dass die Uransalze durchaus nicht vorher (dem Sonnenlicht) exponiert zu werden brauchen, ferner, dass alle Uranverbindungen, gleichgültig ob sie fluoreszieren oder nicht, und insbesondere das metallische Uran, die gleichen Wirkungen hervorzubringen imstande sind. Diese Beobachtungen führten zur Entdeckung der Becquerel- oder Uranstrahlen (1896).

Ihr Entdecker stellte fest, dass dieselben nicht nur auf gegen Licht geschützte photographische Platten einwirken, indem sie dünne, undurchsichtige Papier- oder Metallschirme zu durchdringen vermögen, sondern dass sie auch elektrisierte Körper entladen, indem sie die durchstrahlte Luft bezw. Gase

zu schwachen Elektrizitätsleitern machen. Schmidt und das Ehepaar Curie in Paris stellten fest, dass neben dem Uran auch das Thor und seine Verbindungen Becquerelstrahlen aussenden.

Die Intensität der ausgesandten Strahlung wurde von den Curies mittels der der Luft unter Einwirkung der zu untersuchenden radioaktiven Substanzen erteilten elektrischen Leitfähigkeit gemessen. Der benutzte Apparat (Fig. 1) be-

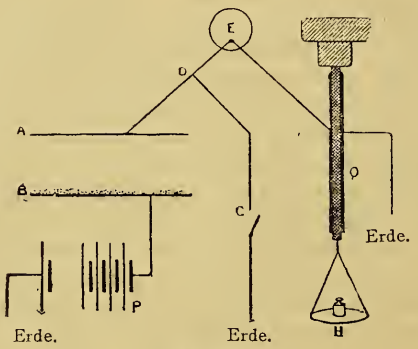

Fig. 1.

steht aus einem Plattenkondensator *A B*. Die zu untersuchende Substanz wird auf der Platte *B* ausgebreitet, wodurch die Luft zwischen den beiden Platten elektrizitätsleitend wird. Um den Grad der Leitfähigkeit zu messen, wird die Platte *B* auf ein hohes Potential gebracht, indem man sie mit einem Pol einer Akkumulatorenbatterie *P* verbindet, deren anderer Pol geerdet ist. Wenn die Platte *A* durch den Draht *CD* auf das Erdpotential gebracht wird, so entsteht ein elektrischer Strom zwischen den beiden Platten *A* und *B*. Das Potential der Platte *A* wird mittels des Elektrometers *E* gemessen. Wenn man die Erdverbindung bei *C* unterbricht, so ladet sich die Platte und bewirkt eine Ablenkung des Elektrometers. Die Geschwindigkeit der Ablenkung ist der Stromstärke proportional und kann zu ihrer Messung dienen.

Es ist jedoch vorzuziehen, die Messung durch Kompensation der der Platte *A* erteilten Ladung vorzunehmen, so dass das Elektrometer auf Null bleibt. Die in Betracht kommenden ausserordentlich geringen Ladungen können mittels eines piezoelektrischen Quarzes *Q* kompensiert werden, dessen eine Belegung mit der Platte *A* verbunden, dessen andere Belegung

geerdet ist. Die Quarzplatte wird mittels auf die Schale aufgesetzter Gewichte einer bestimmten Zugkraft unterworfen.

Diese Zugkraft wird allmählich hervorgebracht und bewirkt eine Ladung mit einer bestimmten, zu messenden Elektrizitätsmenge. Der Vorgang kann so reguliert werden, dass in jedem Augenblick eine Kompensation zwischen der den Kondensator durchfliessenden und der vom Quarz gelieferten Elektrizitätsmenge mit entgegengesetztem Vorzeichen stattfindet. Man kann so in absolutem Mass die während einer bestimmten Zeit den Kondensator durchfliessende Elektrizitätsmenge messen. In Fig. 2 und 3 ist eine Form des von den Curies zur

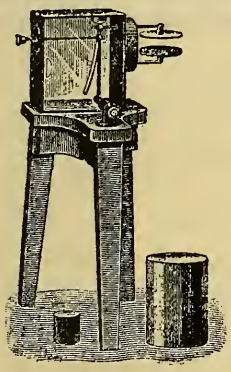

Fig 2.

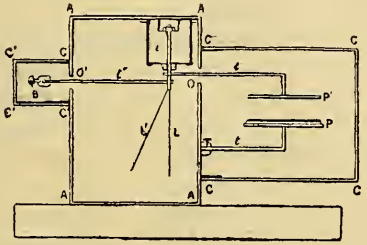

Fig. 3.

Untersuchung der radioaktiven Substanzen konstruierten Elektroskops dargestellt.

Das Elektroskop (Fig. 3) besteht aus einem einzigen beweglichen Gold- oder Aluminiumblättchen L', welches an einer feststehenden Kupferplatte L befestigt ist und von dem isolierenden Stück i getragen wird. Die zu prüfende radioaktive Substanz wird auf die untere der beiden Platten P und P', welche am besten beweglich angeordnet ist, gelegt. Die ausgesandten Strahlen ionisieren die Luft und machen sie elektrizitätsleitend.

Das Elektroskop wird mittels eines geriebenen und in die Nähe des Knopfes B gehaltenen Ebonitstabes geladen.

Das Plättchen L' schlägt dauernd aus. Erst wenn radioaktive Substanzen in seine Nähe gebracht werden, verliert das Plättchen seine Ladung und diese Ladungsabnahme wird mittels eines mit Mikrometerskala versehenen Fernrohrs beobachtet. Die obere Kondensatorplatte ist mit dem Metallkasten

verbunden und die abnehmbaren Metallkästen C und C' sind über den Kondensatorplatten und über dem Ladeknopf des Elektroskops angeordnet; die Seitenwände bestehen aus Glas.

Das Ehepaar Curie hat auf diese Weise eine grosse Anzahl von Messungen der Radioaktivität von Uran- und Thorverbindungen und radioaktiver Mineralien unter den verschiedensten Bedingungen ausgeführt.

Es zeigte sich, dass die Radioaktivität eine ziemlich genau messbares und auch innerhalb der Genauigkeitsgrenzen der Versuche konstantes Phänomen ist. Folgende, der Dissertation der Frau Curie entnommene Tabelle enthält die Intensität (in Amperes) des mit Uranmetall und mit verschiedenen Mineralien erhaltenen Stromes bei der elektroskopischen Prüfung.

Radioaktive Mineralien.

	$i \times 10^{11}$
Uran	2,3
Pechblende aus Johanngeorgenstadt	8,3
„ „ Joachimsthal	7,0
„ „ Pzibran	6,5
„ „ Cornwallis	1,6
Cleveit	1,4
Chalcolit	5,2
Autunit	2,7
Verschiedene Thorite	0,1—1,4
Orangit	2,0
Monazit	0,5
Xenotim	0,03
Aschynit	0,7
Fergusonit	0,1—0,4
Samarskit	1,1
Niobit	0,1—0,3
Tantalit	0,02
Carnotit (Uranvanadat)	6,2

Das verbreitetste radioaktive Uranmaterial ist die Pechblende, und zwar ist, wie aus vorstehender Tabelle ersichtlich ist, jene aus Johanngeorgenstadt die wirksamste.

Die ungleiche Aktivität von Pechblenden verschiedenen Ursprungs und insbesondere die unerwartet grosse, jene des metallischen Urans bei weitem übertreffende Intensität der Erscheinung bei gewissen Mineralien, führte das Ehepaar Curie in Paris zur Vermutung, dass die von denselben ausgehenden Strahlungen nicht eigentlich dem Uran oder Thor, sondern

einer kleinen Quantität beigemengter, stark aktiver, noch unbekannter Substanz zuzuschreiben seien.

Nach sehr mühevollen Versuchen gelang es 1898 zuerst dem Forscherpaare Curie, mittels gewöhnlicher analytischer Verfahren aus der Pechblende eine stark aktive Substanz, das wismutähnliche Polonium zu extrahieren.

Wenig später folgte die Entdeckung des baryumähnlichen Radiums, das von den Curies gemeinsam mit Bémont ebenfalls aus der Pechblende abgeschieden wurde.

Während die Aktivität des Poloniums mit der Zeit beträchtlich abnimmt, scheint die des Radiums konstant zu bleiben, wenigstens hat sich bei den bisher wiederholt geprüften Präparaten eine Einbusse ihrer Wirksamkeit noch nicht feststellen lassen.

Im Jahre 1899 wurde dann von Debierne eine dritte, dem Thorium verwandte, stark radioaktive Substanz in der Pechblende festgestellt und von ihm als Aktinium bezeichnet.

Alle drei neuen radioaktiven Substanzen finden sich in der Pechblende nur in ganz verschwindend kleiner Menge, und es bedarf daher Tausender von Kilogramm Ausgangsprodukt, um Bruchteile eines Gramm Endprodukt zu gewinnen, deren Aktivität dann natürlich im Verhältnis zum Ausgangsprodukt ganz ausserordentlich gross ist.

Als Vergleichseinheit der Aktivität legt man gewöhnlich die Intensität der Uranstrahlung zugrunde und so bedeutet z. B. eine Radioaktivität von 300, dass die Strahlung 300 mal stärker ist als die von Becquerel beobachtete des Urans.

Später wurden noch andere radioaktive Körper entdeckt. Marckwald erhielt durch Eintauchen eines reinen Wismutstabes in eine Lösung von Wismutchlorid, welches durch Behandlung von Pechblenden-Rückständen erhalten wurde, einen sehr aktiven Niederschlag, der dem Tellur analog ist und den er Radiotellur nennt. Das Radiotellur ähnelt dem Polonium, doch scheint seine Aktivität konstanter zu sein als die des Poloniums.

Eine dem Blei chemisch verwandte radioaktive Substanz wurde von Giesel, Hofmann und Strauss aufgefunden.

Von allen diesen radioaktiven Substanzen ist das Radium, übrigens das einzige, welches im Zustande eines reinen Salzes als Radiumchlorid dargestellt wurde, das wichtigste.

Aus diesem Grunde hat auch bisher eine vollständige Bestätigung der Hypothese, dass man es mit neuen Elementen zu tun habe, nur beim Radium stattgefunden. Demarçay hat mittels photographierter Funkenspektren eine grössere Anzahl von

Proben aktiven, radiumhaltigen Baryumchlorids spektralanalytisch untersucht. Er fand neben den Baryumlinien eine neue Linie, entsprechend der Wellenlänge $\lambda = 381{,}47\ \mu\mu$ im ultravioletten Spektrum.

Durch wiederholte Reinigung und Anreicherung gelang es den Curies, ein Präparat herzustellen, bei dem das neue Spektrum immer mehr in den Vordergrund trat, während die Baryumlinien immer schwächer wurden. Mit diesem fast reinen Radiumchlorid, das eine ca. 1 000 000 mal stärkere Radioaktivität als Uran besass, führten die Curies eine Atomgewichtsbestimmung des Radiums aus. Aus den Versuchen ergab sich als Atomgewicht des Radiums 225.

Seinen chemischen Eigenschaften nach gehört das Radium zu den Erdalkalimetallen und zwar steht es dem Baryum am nächsten.

Giesel machte die Beobachtung, dass Radiumsalze die Flamme rot färben.

Die von den stark radioaktiven Radiumpräparaten ausgehenden Strahlen lassen natürlich die bereits bei den Uranstrahlen beobachteten photographischen und ionisierenden Wirkungen in erhöhtem Maasse erzielen. Sie sind ferner imstande, die Fluoreszenz gewisser Substanzen zu erregen, während die schwach radioaktiven Substanzen wie Uran und Thor diese Fähigkeit nicht besitzen.

Die Untersuchungen von Becquerel, den Curies, von Giesel, Meyer und v. Schweidler, Rutherford und Villard haben ergeben, dass man drei verschiedene Strahlenarten des Radiums und der radioaktiven Substanzen unterscheiden kann. Nach einem Vorschlage von Rutherford bezeichnet man dieselben als α-, β- und γ-Strahlen.

Die α-Strahlen, die den Hauptteil der Strahlung ausmachen und die vorzugsweise die Ionisierung der Luft bewirken, sind wenig durchdringend und werden selbst in Gasen stark absorbiert. Das magnetische Feld wirkt sehr wenig auf sie ein, so dass man sie anfangs für magnetisch nicht ablenkbar hielt. Rutherford hat jedoch neuerdings gezeigt, dass sie in einem sehr starken elektrischen oder magnetischen Felde ein wenig abgelenkt werden. Die Ablenkung erfolgt ähnlich wie bei den Kathodenstrahlen in Vakuumröhren, aber in umgekehrtem Sinne. Strutt und Crookes haben daher die Vermutung ausgesprochen, dass die α-Strahlen schnell bewegte, positiv geladene Teilchen seien. Rutherford hat diese Vermutung durch den Hinweis auf die Eigenschaften der von Goldstein entdeckten Kanalstrahlen, welche in gleicher

Weise und in gleichem Sinne magnetisch beeinflusst werden und, wie Wien gezeigt hat, aus positiv geladenen Teilchen bestehen, die sich mit grosser Geschwindigkeit fortbewegen, zu unterstützen versucht. Der Rutherfordsche Versuch der Ablenkung der α-Strahlen wurde von Becquerel bestätigt. Letzterer zeigte auch, dass die Poloniumstrahlen, die auch sonst in ihren Eigenschaften den α-Strahlen ähneln, sich im Magnetfelde ebenso verhalten wie jene.

Die β-Strahlen werden weniger absorbiert und sind daher durchdringender. Wie Becquerel gezeigt hat, bestehen die β-Strahlen in Wirklichkeit aus einer grösseren Zahl magnetisch verschieden stark ablenkbarer Strahlen, die sich durch den Grad ihrer Durchdringungsfähigkeit unterscheiden. Die im Magnetfeld am stärksten abgelenkten Strahlen werden am stärksten absorbiert. Die Ablenkung im elektrischen und magnetischen Felde erfolgt, wie Becquerel, Dorn, Giesel Meyer und v. Schweidler gezeigt haben, in gleicher Weise und in gleichem Sinne wie bei den Kathodenstrahlen. Die β-Strahlen sind dementsprechend als elektrisch negativ geladene Teilchen anzusehen, die mit grosser Geschwindigkeit in den Raum hinausgeschleudert werden. Die Curies haben den experimentellen Nachweis erbracht, dass tatsächlich bei den β-Strahlen des Radiums ein Transport von Elektrizität stattfindet. Eine Tatsache, die hierfür spricht, ist die seitens der Curies und von Dorn gemachte Beobachtung, dass sich ein in einem Glasröhrchen eingeschlossenes Radiumpräparat auf ein so hohes Potential laden kann, dass das Röhrchen von einem Funken durchbohrt wird. Im Gegensatz zu den Beobachtungen Becquerels an den Curieschen Poloniumpräparaten hat Giesel an einem von ihm hergestellten frischen Poloniumpräparat eine den Radium β-Strahlen anologe Strahlengattung beobachtet, doch ist es wahrscheinlich, dass diese Beobachtung der Erscheinung der induzierten Radioaktivität, von der noch die Rede sein wird, zuzuschreiben ist.

Das Vorhandensein magnetisch nicht ablenkbarer, sehr durchdringender Strahlen in der Radiumstrahlung, der γ-Strahlen, wurde zuerst von Villard gemacht. Diese γ-Strahlen sind den Röntgenstrahlen vergleichbar.

In Fig. 4 ist das verschiedene Verhalten der einzelnen Strahlengattungen des Radiums im magnetischen Felde schematisch dargestellt.

Das verschiedene Durchdringungsvermögen der drei Strahlenarten lässt folgende Tabelle deutlich erkennen, die

Rutherford aufgestellt hat und welche die Dicke einer Aluminiumfolie angibt, welche die ursprüngliche Intensität um die Hälfte vermindert.

Strahlenart	Stärke des Aluminiumblechs
α-Strahlen	0,0005 cm
β-Strahlen	0,05 cm
γ-Strahlen	8 cm

Entsprechend der Aehnlichkeit der Polonium- bezw. Radiotellur-Strahlen mit den α-Strahlen des Radiums werden dieselben äusserst stark absorbiert, so dass sie nur sehr dünne Schichten fester Körper durchdringen können.

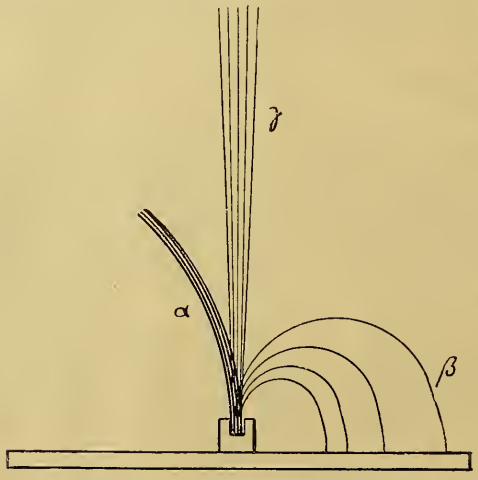

Fig. 4.

Von den anderen radioaktiven Körpern scheint nach den Beobachtungen Becquerels und Rutherfords das Uran und das Thor sich ähnlich zu verhalten wie das Radium. Ueber das Aktinium liegen noch keine näheren Untersuchungen vor, da bisher nur Spuren dieses Körpers hergestellt wurden. Betrachtet man die Gesamtstrahlung der radioaktiven Substanzen, so kann man dieselben nach den Beobachtungen der Curies und Rutherfords nach abnehmendem Durchdringungsvermögen ihrer Strahlen in die Reihenfolge Thor, Radium, Polonium, Uranium, ordnen.

Fig. 5 gibt eine graphische Darstellung der Durchdringungsfähigkeit der -αStrahlen, die etwa 99 % der Gesamt-Energiestrahlung der verschiedenen Körper ausmachen. Auf der

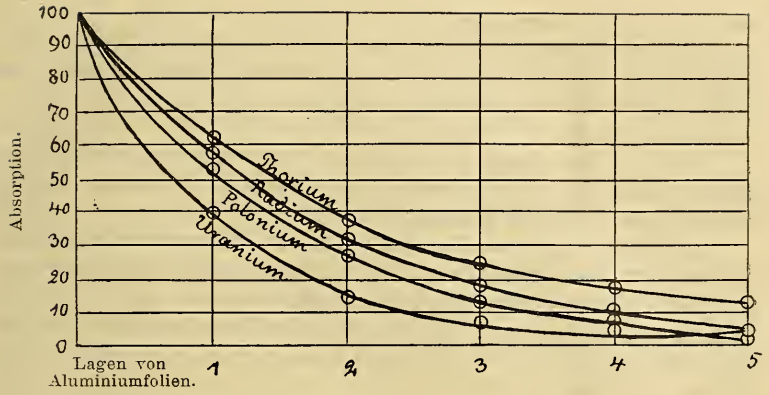

Fig. 5.

Abscissenachse ist die Dicke der durchstrahlten Aluminiumschicht, auf der Ordinatenachse der Teil der durchgelassenen Strahlung aufgetragen.

Wie die Curies gefunden haben, wirken die Radium- und Röntgenstrahlen auf flüssige Dielektrica in gleicher Weise wie auf Luft, indem sie ihnen eine gewisse elektrische Leitfähigkeit erteilen.

Die Zahlen der folgenden Tabelle geben nach den Curieschen Messungen die Leitfähigkeiten in reziproken Ohms pro ccm.

Schwefelkohlenstoff	$20{,}0 \cdot 10^{-14}$
Petroläther	$15{,}0 \cdot 10^{-14}$
Amylen	$14{,}0 \cdot 10^{-14}$
Chlorkohlenstoff	$8{,}0 \cdot 10^{-14}$
Benzin	$4{,}0 \cdot 10^{-14}$
Vaselinöl	$1{,}6 \cdot 10^{-14}$
Flüssige Luft	$1{,}3 \cdot 10^{-14}$

Von den verschiedenen Anwendungen der ionisierenden Wirkung der Strahlung radioaktiver Körper seien erwähnt die Kondensation des übersättigten Wasserdampfes, wie solche auch unter Einwirkung der Röntgen- und Kathodenstrahlen stattfindet, und die Vergrösserung der Schlagweite elektrischer Funken zwischen zwei metallischen Leitern für eine gegebene Potentialdifferenz.

Die radioaktiven Substanzen können auch zur Messung der kontakt-elektromotorischen Kraft zweier durch Luft getrennten Metalle, sowie zum Studium der atmosphärischen Elek-

trizität, indem man nämlich die Flammen oder die Kelvinschen Tropfapparate, die bis jetzt zur Untersuchung der atmosphärischen Elektrizität benutzt wurden, durch Radium ersetzt, angewendet werden (Paulsen, Witkowski, Moureaux).

Mit starken Radiumpräparaten können auch, ähnlich wie mit statischer Elektrizität, elektroskopische Figuren erzeugt werden, wie Righi gezeigt hat.

Am interessantesten sind die von den Strahlen radioaktiver Substanzen hervorgerufenen Fluoreszenz- und Phosphoreszenz-Erscheinungen. Besonders lebhaft fluoresziert Baryumplatincyanür und Thüringer Glas, doch nimmt das Leuchten mit der Zeit infolge von Veränderungen, welche die fluoreszierenden Körper erleiden, ab.

Crookes hat einen hierher gehörenden interessanten, kleinen Apparat, Spinthariskop genannt, konstruiert. Derselbe besteht im wesentlichen aus einem Körnchen Radiumsalz, das am Ende eines Metallzeigers vor einem Schirm mit phosphoreszierendem Zinksulfid befestigt ist. Die dem Radiumsalz zugewandte Seite des Schirmes wird mittels Lupe beobachtet. Der Schirm erstrahlt, hauptsächlich wohl unter der Wirkung der α-Strahlen, in blendendem Glanze, wie ein wogendes, sprühendes Lichtmeer. Auch die Phosphoreszenzfähigkeit des Zinksulfids erschöpft sich allmählich.

Diamant phosphoresziert unter der Wirkung des Radiums lebhaft. An dieser Phosphoreszenz kann man leicht echte Diamanten von Imitationen unterscheiden. Besonders interessant ist die Erscheinung, dass alle radiumhaltigen Baryumverbindungen selbstleuchtend sind. Das Licht geht von der ganzen Masse des Präparates aus und kann bei starken Präparaten so intensiv sein, dass man dabei im Dunkeln lesen kann. Nach den bisherigen Beobachtungen scheint dieses Leuchtvermögen während längerer Zeit nicht abzunehmen. Nur bei Einwirkung von Feuchtigkeit verlieren die radiumhaltigen Präparate einen Teil ihrer Leuchtkraft, doch gewinnen sie ihr ursprüngliches Leuchtvermögen nach dem Trocknen wieder.

Giesel hat auch selbstleuchtendes radiumhaltiges Baryumplatincyanür und Radiumplatincyanür, welches sich jedoch schnell verändert, hergestellt.

Das Radium vermag auch, wie Becquerel gezeigt hat, ähnlich wie der elektrische Funke die Thermolumineszenz gewisser Körper wieder herzustellen. Flussspat z. B. wird leuchtend, wenn man ihn erhitzt; diese Thermolumineszenz, die sich nach einiger Zeit erschöpft, wird durch die Einwirkung von Ra-

dium wieder hergestellt. Es scheint sich bei dieser Erscheinung um chemische Modifikationen zu handeln.

Von den chemischen Wirkungen seien zunächst die durch die Strahlen radioaktiver Substanzen hervorgebrachten Färbungen erwähnt.

Das grüne Baryumplatincyanür wird in eine braune Modifikation verwandelt. Unter der Wirkung des Radiums fluoreszierendes Thüringer Glas färbt sich braun bis violett.

Giesel stellte eine Färbung von Steinsalz und Sylvin fest, wie solche bei diesen Substanzen auch unter der Einwirkung von Kathodenstrahlen beobachtet wurde. Weisser Phosphor wird nach Versuchen Becquerels in die rote Modifikation übergeführt. Auch Papier wird durch die längere Beeinflussung von Radiumstrahlen verändert und gefärbt; es wird zerbrechlich und zerfällt schliesslich, doch scheint diese Wirkung auf die Ozon-Entwicklung zurückzuführen zu sein, die unter Umständen in der Nähe starker Radiumpräparate stattfindet.

Die von den radioaktiven Substanzen ausgehenden Strahlen reduzieren Silbersalze und wirken stark photographisch

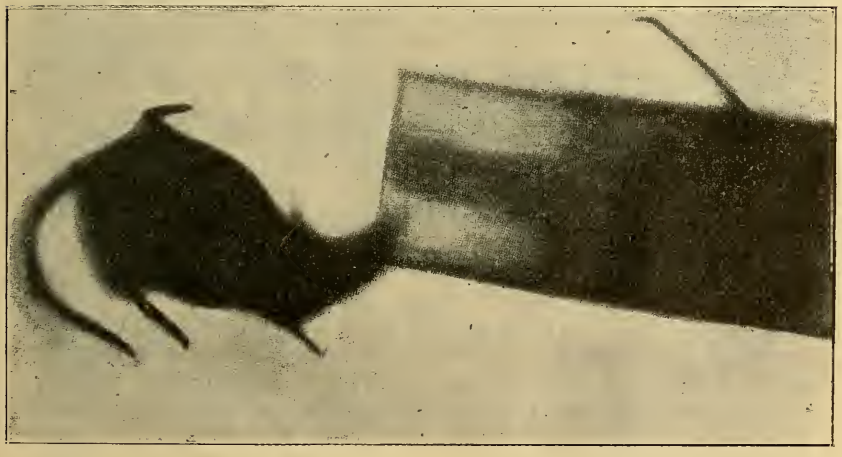

Fig. 6.

auf Bromsilber-Gelatine. Infolge der ungleichen Absorption der Strahlen bei verschiedenen Körpern erhält man ähnliche Radiographien wie unter Benutzung von Röntgenstrahlen. Fig. 6 zeigt eine derartige, von einer in einer Falle gefangenen Maus hergestellte Radiographie. Die Expositionsdauer betrug 3 Tage.

Von den Metallen ist nur Aluminium durchlässig. Fleisch und Knochen weisen keine wesentlichen Unterschiede in der Durchlässigkeit für Radiumstrahlen auf.

Um die durch die Diffusion der β-Strahlen bewirkte Unschärfe der radiographischen Bilder zu vermeiden, kann man die β-Strahlen mittels eines starken Elektromagneten ablenken, um nur die γ-Strahlen zur Wirkung gelangen zu lassen. Die Expositionsdauer muss dann allerdings eine beträchtlich längere sein, da die γ-Strahlen wenig intensiv sind.

Die radioaktiven Präparate wirken auch elektrolysierend. Aus einer Lösung von Radiumbromid entwickelt sich fortwährend Wasserstoff und Sauerstoff in einem Verhältnis, das der Zusammensetzung des Wassers entspricht.

Im Anschluss an die fluoreszenzerregenden, chemischen und photographischen Wirkungen seien die physiologischen erwähnt.

Die Radiumstrahlen wirken auf die Epidermis in ähnlicher Weise wie Röntgenstrahlen und rufen starke Entzündungen, bei längerer Einwirkung sogar schwer heilende Verbrennungen hervor. Man muss es daher vermeiden, stark radioaktive Präparate lange bei sich herumzutragen, es sei denn, dass sich dieselben in einer schützenden Bleikapsel befinden.

Hammer hat vorgeschlagen, die Radiumpräparate in aus Steinsalz hergestellten Behältern aufzubewahren, da letzteres die Radiumstrahlung völlig absorbiert.

Giesel hat ferner entdeckt, dass man Lichteindrücke erhält, wenn man ein strahlendes Präparat vor das geschlossene Augenlid oder an die Schläfe hält. Auch Blinde mit gesunder Netzhaut haben diese Lichtempfindung. Die Erscheinung rührt, wie Himstedt und Nagel gezeigt haben, von der durch Radium hervorgerufenen Fluoreszenz der Augenflüssigkeit her.

Auch auf die Entwicklung von Bakterien wirken nach den Versuchen von Aschkinass und Caspari Radiumstrahlen, ähnlich wie ultraviolette Strahlen, hemmend ein. Vor jenen haben sie den Vorzug grösserer Durchdringungskraft, so dass sie also auch in der Tiefe wirken können, wodurch sich eine Aussicht auf eine medizinische Anwendung der radioaktiven Substanzen bietet.

Auch das Rückenmark und Gehirn werden durch die Radiumstrahlen beeinflusst. Danysz und die Curies berichten, dass eine einstündige Einwirkung auf das Rückenmark zu Lähmungserscheinungen und sogar zum Tode bei den meisten Versuchstieren führte.

Hammer stellte fest, dass elektrischen Fischen, die auf kurze Zeit (20 Minuten) radioaktiven Substanzen ausgesetzt

waren, auf längere Zeit, die Fähigkeit elektrische Schläge zu erteilen, genommen wurde.

Vor kurzem haben die Curies und Laborde eine selbsttätige Wärmeentwicklung bei den Radiumsalzen konstatiert. Diese Wärmeentwicklung bewirkt, dass die Radiumsalze sich dauernd auf einer höheren Temperatur befinden, als ihre Umgebung. Mittels Thermometers oder Thermoelements sind Temperaturunterschiede bis 3° C. beobachtet worden.

Das Radium entwickelt also während einer Stunde genügend Wärme, um eine gleich schwere Eismenge zu schmelzen. Diese Wärmeentwicklung scheint dauernd konstant zu sein.

Ueber den Einfluss der Temperatur auf die Strahlungserscheinungen der radioaktiven Körper ist noch wenig bekannt. Die Curies stellten fest, dass die Strahlung bei der Temperatur der flüssigen Luft ungefähr die gleiche ist, als bei gewöhnlicher Temperatur. Erhitzung auf hohe Temperatur während kurzer Zeit ist ohne wesentlichen Einfluss, doch hat länger andauernde Erhitzung eine vorübergehende Abnahme der Radioaktivität zur Folge. Mit der Zeit nimmt die Aktivität aber wieder ihre alte Stärke an, ja, sie kann sogar grösser werden als im Anfangszustand, wie die Curies an einem geschmolzenen Präparat von Radium-Baryumchlorid feststellten.

Die näheren Ursachen dieses Umstandes sind auf die Erscheinungen der induzierten Radioaktivität zurückzuführen, die einen besonderen Abschnitt bilden. Wie die Curies zuerst gefunden haben, werden alle Substanzen, die sich einige Zeit in der Nähe eines Radiumpräparates befinden, selbst radioaktiv, auch wenn sie dann der Einwirkung des Radiums entzogen werden. Die induzierte Aktivität nimmt erst mit der Zeit ab und hört schliesslich ganz auf.

Rutherford hat die gleiche Beobachtung bei Verwendung von Thorverbindungen gemacht. Er fand ferner, dass elektrisch negativ geladene Körper sich stärker aktivieren als andere.

Debierne fand, dass das Actinium in äusserst starkem Maasse die Erscheinung der induzierten Radioaktivität hervorzurufen imstande ist.

Polonium erzeugt die Erscheinung der induzierten Radioaktivität nicht, während diese durch Uran, wenigstens unter gewissen Umständen, wie wir noch später sehen werden, hervorgerufen werden kann.

Um regelmässige Erscheinungen zu erhalten, muss man, nach dem Vorgange von Curie und Debierne, in einem ab-

geschlossenen Aktivierungsgefäss arbeiten, da dann die Störungen durch Luftströme ausgeschaltet werden.

Die einem Körper erteilte induzierte Radioaktivität ist unabhängig von der Natur desselben und nähert sich mit der Zeit einem Grenzwert, der von der induzierten Radiummenge abhängig ist.

Die induzierte Radioaktivität ist nicht, wie man auf den ersten Blick glauben könnte, auf die Strahlung des Radiums direkt zurückzuführen. Denn ein sich hinter einem Bleischirm befindlicher Körper wird ebenso aktiv als eine ungeschützte Substanz. Die Uebertragung der Radioaktivität erfolgt vielmehr durch die Luft und die aktivierende Eigenschaft wird mit der Luft selbst fortgeführt, wenn man dieselbe aus dem Aktivierungsgefäss heraussaugt.

Elster und Geitel fanden ihre Vermutung, dass die geringe elektrische Leitfähigkeit der Luft auf ähnliche Ursachen zurückzuführen sei, bestätigt, da ein in der Luft ausgespannter und auf ein negatives Potential geladener Metalldraht radioaktiv wurde.

Rutherford stellte die Hypothese auf, dass die Erscheinungen der induzierten Radioaktivität auf Emanationen der radioaktiven Substanzen zurückzuführen seien. Eine wesentliche Unterstützung erhielt diese Erklärung durch die Beobachtung, dass die Radiumsalze, besonders in gelöstem Zustande, zu einer fortwährenden Gasentwicklung Veranlassung geben. Die entwickelten Gase, die sich bei den Versuchen von Rutherford und Soddy bei der Temperatur der flüssigen Luft kondensierten, sind stark radioaktiv. Die Radioaktivität dieser sich in der Nachbarschaft fester oder gelöster radioaktiver Substanzen ausbreitenden Gase lässt mit der Zeit, infolge der Anwendung von Becquerelstrahlen und infolge ihrer Umwandlung in andere, noch unbekannte radioaktive Materie, die sich auf der Oberfläche fester Körper niederschlägt, dieselben radioaktiv macht und so die Erscheinung der induzierten Radioaktivität hervorruft, nach.

Rutherford und Soddy haben die Vermutung ausgesprochen, dass man es in der instabilen Radiumemanation mit der Argongruppe angehörenden Gasen zu tun habe.

Ganz neuerdings gelang es nun Ramsay und Soddy spektroskopisch nachzuweisen, dass sich mit der Zeit aus der Radiumemanation, neben noch einigen unbekannten Gasen, Helium bildet. Besonders die charakteristische D_3 Heliumlinie liess an der Richtigkeit dieser Tatsache, die von grösster Bedeutung ist, insofern sie beweist, dass eine Umwandlung von Materie

vor sich geht, dass das Radium zerfällt und sich aus der instabilen Gas-Emanation unter Verlust der Aktivität Helium bildet, nicht zweifeln.

Auch in Lösungen von radioaktiven Substanzen können andere Körper aktiviert werden, doch scheint hier die erteilte Aktivität von der Stellung des zu aktivierenden Metalls in der elektrischen Spannungsreihe abhängig zu sein; Magnesium, Zink, Kupfer, Silber werden am stärksten, Platin am schwächsten aktiviert.

Giesel hat zuerst inaktives Wismut aktiviert, indem er es mit aktivem Radium zusammen in Lösung hielt. Er erhielt so radioaktives Wismut, welches viele Aehnlichkeiten mit Polonium zeigt. Debierne hat in gleicher Weise Baryum aktiviert, indem er es mit Actinium zusammen in Lösung hielt. Der so hergestellte Körper ähnelte in allen seinen Eigenschaften radiumhaltigen Baryum, doch zeigte er keine Radiumlinien. Auch mit Uran in Lösung gehaltene Körper, z. B. Baryum, zeigen induzierte Radioaktivität.

Man kann auf diese Weise sogar dem Uran einen Teil seiner Aktivität entziehen. Crookes glaubte so einen vom Uran verschiedenen Körper abgetrennt zu haben, durch den erst die Aktivität des Urans bedingt würde; er nannte denselben Uranium X.

Soddy einerseits, Rutherford und Grier andererseits, wiesen nach, dass es sich hierbei im wesentlichen um eine Trennung der α- und β-Strahlung des Urans handelt. Das eines Teils seiner Aktivität beraubte Uran sendet nur α-Strahlen, das Uran X vornehmlich β-Strahlen aus. Aber die Auffassung, dass man es mit einem neuen radioaktiven Körper zu tun

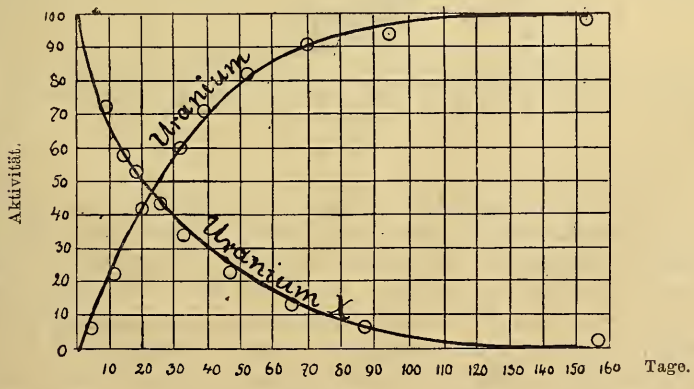

Fig. 7.

habe, war doch irrtümlich, denn nach längerer Zeit gewinnt das Uran seine volle Aktivität wieder, sendet wieder α- und β-Strahlen aus, während der abgetrennte Körper völlig inaktiv wird. In Fig. 7 ist der Zusammenhang zwischen Zunahme und Abnahme der Aktivität von Uran und Uran X graphisch dargestellt. Auf der Abszissenachse ist die Zeit, auf der Ordinatenachse die Aktivität aufgetragen. Die eine Kurve stellt das prozentuale Verhältnis der Radioaktivitätszunahme des Uranium, die andere Kurve das entsprechende Verhältnis der Radioaktivitätsabnahme des Uranium X dar.

Eine ähnliche Beobachtung machte Rutherford beim Thorium. Er nannte den von dem hauptsächlich α-Strahlen aussendenden Thorium getrennten Rückstand mit β-Strahlung Thorium X. Auch dieses verliert seine Aktivität mit der Zeit, während das Thorium seine ursprüngliche Aktivität wiedergewinnt, doch vollzieht sich die Aktivitätsab- bezw. Zunahme hier bedeutend schneller, als beim Uran X bezw. Uran, wie Fig. 8 deutlich erkennen lässt.

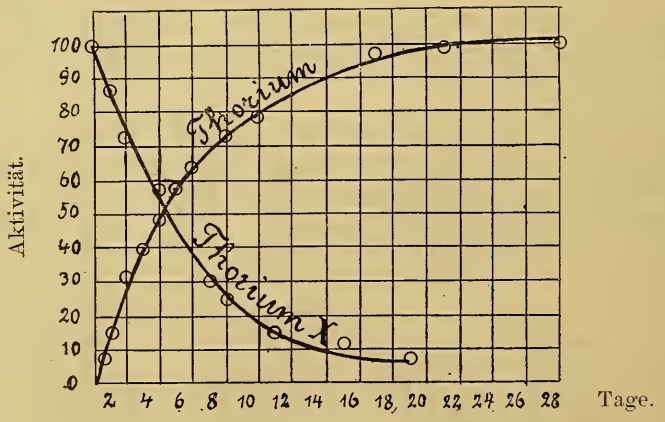

Fig. 8.

Auf die induzierte Radioaktivität ist auch die Erscheinung zurückzuführen, dass ein frisch hergestelltes, festes Radiumsalz zuerst an Aktivität zunimmt. Dies rührt offenbar von der Aufspeicherung der im festen Salz sich neubildenden Emanation her. Erst wenn sich ebensoviel Radiumemanation bildet, als durch Ausstrahlung bezw. Umwandlung des instabilen Gases abgegeben wird, stellt sich ein radioaktives Gleichgewicht ein, d. h. die Radioaktivität fester Radium-

präparate nähert sich mit der Zeit einem Grenzwert und wird dann konstant.

Eine Lösung hingegen verliert an Aktivität, zufolge der sich im Raume ausbreitenden Emanation.

Was die Wirkung der Erhitzung auf die Aktivität der radioaktiven Körper betrifft, so wird die Emanation durch Erhitzung begünstigt, die Erscheinungen der induzierten Radioaktivität werden daher intensiver.

Nach Abkühlung enthält ein vorher erhitztes radioaktives Präparat nur wenig Emanation und seine Aktivität ist daher gering; aber mit der Zeit sammelt sich die Emanation wieder und die Strahlung nimmt wieder zu.

Durch sehr starke Erhitzung dagegen verliert ein radioaktives Präparat einen Teil seines Aktivierungsvermögens. Die Abgabe von Emanation wird vermindert und daher erreicht das Präparat eine höhere als die ursprüngliche Aktivität.

Nachdem wir nun im vorhergehenden die hauptsächlichsten der bisher bekannten Eigenschaften der radioaktiven Substanzen und die Natur der von diesen ausgehenden Strahlung kennen gelernt haben, wenden wir uns zum Schluss der Ursache dieser geheimnisvollen Erscheinungen, dem Rätsel zu, das uns das Radium stellt. Die Selbsttätigkeit der Strahlung, die bisher noch nicht genügend bekannte Energiequelle derselben, bildet ein Problem von grösstem physikalischen Interesse. Der Verlust an radioaktiver Energie, der durch Strahlung und Leitung (Emanation) hervorgerufen wird, muss nach dem Gesetze der Erhaltung der Energie auf eine uns noch unbekannte Art und Weise beständig ersetzt werden. Von den zahlreichen diesbezüglichen Hypothesen seien hier nur zwei erwähnt.

Die erste Hypothese, die von den Curies herrührt, nimmt an, dass die radioaktiven Körper ihre Energie äusseren Quellen entlehnen. Man könnte sich denken, dass es in dem Weltenraum Strahlungen gibt, deren Existenz uns bisher noch unbekannt war, da wir keine Wirkungen derselben wahrnahmen. Es wäre nun denkbar, dass nur das Radium und die anderen radioaktiven Substanzen die Strahlungsenergie dieser hypothetischen Strahlung aufnähmen und sie in radioaktive Energie umwandelten.

Die neuesten Untersuchungen über die Emanation der radioaktiven Substanzen sprechen dagegen sehr zu gunsten der zweiten, hauptsächlich von Rutherford weiter ausgebildeten Hypothese, die die Entwicklung radioaktiver Energie auf eine

Umwandlung des strahlenden Atoms selbst, das sich nur in einem labilen Uebergangszustand befindet, zurückführt.

Nach dieser Anschauung müsste man also annehmen, dass das Radiumatom in ein materielles Gas zerfällt. Die sich bildende instabile Emanation zerstört sich mit der Zeit selbst unter Bildung von Helium. Die merkwürdige Erscheinung, dass das Radium kontinuierlich Wärme entwickelt, spricht auch zu gunsten dieser Anschauung.

Endlich haben die Curies darauf hingewiesen, dass sich die radioaktiven Substanzen nur in den Uranmineralien finden, die stets Argon und Helium enthalten.

Das Studium der radioaktiven Erscheinungen scheint so unsere Anschauungen über die fundamentalsten Grundlagen der Naturwissenschaften, z. B. über die Unveränderlichkeit der Atome, über die Erhaltung der Materie usw. in völlig neue Bahnen zu lenken. Ausser diesem ausserordentlich grossen theoretischen Interesse, geben aber auch die Erscheinungen der Radioaktivität dem Physiker, Chemiker, Physiologen und Mediziner neue Mittel in die Hand, welche, wie wir hoffen, auch praktische Anwendung finden werden.

A. Originalarbeiten.

(Mit kurzer Inhaltsangabe.)

p. = page = Seite; die Zahl vor p. gibt den Jahrg. resp. Band der Zeitschr. an.

Abraham, M.	Ann. d. Phys. 10, p. 105 (1902)	Prinzipien der Dynamik des Elektrons
	Phys. Zeit. 4, p. 57 (1902)	
Adams, E. P.	Phil. Mag. (6) 6, p. 563 (1903)	Radioaktivität von Wasser
	Journ. Frankl. Inst. 156, p. 424 (1903)	Messungen der Radioaktivität
Aeckerlein, G.	Ann. d. Physik, No. 11, 1903	Ueber die Zerstäubung galvanisch glühender Metalle
Afanasséeff	Journ. de russ. phys.-chem. Ges. 32, p. 103 (1900)	Photographische Wirksamkeit von Mineralien
	Journ. de phys. (4) 1, p. 50 (1902)	Radioaktivität des Lasomskit
Akroyd, W.	Nature 68, p. 269 (1903)	Durch Radiumbromid induzierte Phosphoreszenz
	Nature 69, p. 295 (1904)	Die Energiequelle der Radiumstrahlung
Allan, S. J.	Roy. Soc. Canada (1902)	Radioaktivität
	Science 15, p. 1014 (1902)	do.
	Phys. Rev. 16, p. 237 (1903)	Radioaktivität von Schnee
	Monthly Weather Rev. 30, p. 576 (1902)	do. do.
Mc. Alpine, D.	Proc. of the Linnean soc. of New South Wales 25, p. 548 (1900)	Phosphoreszierende Pilze
Andreocci, A.	Gazz. chim. ital. 29, p. 516 (1899)	Phosphoreszenz durch Reibung
	Bull. soc. chim. 23, 24 (9), p 415 (1900)	
Armstrong, H. E.	Chem. News 85, p. 241 (1902)	Angenommene Radioaktivität
	Nature 67, p. 414, 1903	
Arnold, W.	Ann. d. Phys. 61, p. 324 (1897)	Ueber Lumineszenz
Aschkinass, E.	Med. Woche 1900	Ueber Becquerelstrahlen und Gasionen
Aschkinass, E., u. W. Caspari.	Ann. d. Phys. (4) 6, p. 570 (1901)	Wirkung der Strahlen
	Pfluegers Arch. f. Phys. 86, p. 603 (1901)	radioaktiver Substanzen auf Bakterien.
Ashworth, J. R.	Nature 69, p. 295 (1904)	Ueber die γ-Strahlen des Radiums
v. Aubel, E.	Compt. rend. 136, p. 929 (1903)	Wirkung radioaktiver Körper auf Selen
	Phys. Zeitschr. 4, p. 807 (1903)	do. do.
	Phys. Zeitschr. 4, p. 808 (1903)	
Barfod	Prometheus 11, p. 524 (1900)	Leuchtmoos
Barker, G. F.	Sill. Journ. 16, p. 161 (1903)	Radioaktivität des Thors
	School of Mines Quaterly 24, No. 3 (1903)	Ueber Radioaktivität

Barnard, J. E.	Nature 65, p. 536 (1902)	Leuchtbakterien
Barus, C.	Sill. Journ. (4) 11, p. 237 (1901)	Phosphor-Emanation
	Phil. Mag. (6) 2, p. 391 (1901)	do.
	Sill. Journ. (4) 11, p. 310 (1901)	do.
	Sill. Journ. (4) 12, p. 329 (1901)	do.
	Phil. Mag. (6) 3, p. 80 (1902)	do.
	Ann. d. Phys. 11, p. 1142 (1903)	do.
Bary, P.	Compt. rend. 130, p. 776 (1900)	Fluoreszenzwirkung der Radiumstrahlen
	Chem. News 81, p. 157 (1900)	
Baskerville, Ch.	Journ. Am. Chem. Soc. 23, p. 761 (1901)	Carolinium, thoriumähnliches Element
	Science (N. S.) 19, p. 67 (1904)	Phosphoreszierendes Thoriumoxyd
askerville, Ch., u. G. F. Kunz	Science (N. S) 18, p. 769 (1903)	
	Chem. News 89, p. 1 (1904)	
	Sill. Journ. (4). 17, p. 79 (1904)	
Baur, E.	Naturw. Rdsch. 16, p. 338 u. 355 (1901)	Bedeutung der Becquerelstrahlen für die Chemie
	Beibl. z. d. Ann. 25, p. 1027 (1901)	
Beattie und **Smoluchowski**	Phil. Mag. 43, p. 418	Ionisation der Luft durch Becquerelstrahlen
Becker, A.	Ann. d. Phys. (4) 12, p. 124 (1903)	Ionisation fester Körper durch Radiumstrahlen
Becquerel, H.	Compt. rend. 122, p. 420 (1896)	Phosphoreszenzstrahlen
	Compt. rend. 122, p. 501 (1896)	do.
	Compt. rend. 122, p. 559 (1896)	do.
	Compt. rend. 122, p. 689 (1896)	Uranstrahlen
	Compt. rend. 122, p. 762 (1896)	do.
	Compt. rend. 122, p. 1086 (1896)	do.
	Compt. rend. 123, p. 855 (1896)	do.
	Compt. rend. 124, p. 438 (1897)	do.
	Compt. rend. 124, p. 800 (1897)	Ueber die Ionisierung der Luft durch Uranstrahlen
	Compt. rend. 128, p 774 (1899)	Ueber die Strahlungen radioaktiver Körper
	Compt. rend. 129, p. 912 (1899)	Ueber durch Radiumstrahlen hervorgebrachte Phosphoreszenzerscheinungen
	Compt. rend. 129, p. 996 (1899)	Einfluss eines Magnetfeldes auf die Strahlungen radioaktiver Körper
	Compt. rend. 129, p. 1205 (1899)	Ueber die Strahlungen radioaktiver Körper
	Journ. de phys. (3) 9, p. 65 (1900)	Ueber die durch Radiumstrahlen hervorgebrachten Phosphoreszenzerscheinungen
	Compt. rend. 130, p. 206 (1900)	Beitrag zum Studium der Radiumstrahlen
	Journ. de phys. (3) 9, p. 190 (1900)	

Becquerel, H.	Compt. rend. 130, p. 372 (1900)	Einfluss eines Magnetfeldes auf die Strahlungen radioaktiver Körper
	Compt. rend. 130, p. 809 (1900)	Ablenkung der Radiumstrahlen in einem Magnetfelde
	Compt. rend. 130, p. 979 (1900)	Ueber Radiumstrahlung
	Compt rend. 130, p. 1154 (1900)	Ueber die Durchlässigkeit von Aluminium für Radiumstrahlen
	Compt. rend. 130, p. 1583 (1900)	Ueber Uranstrahlung
	Compt. rend. 131, p. 137 (1900)	do.
	Compt. rend. 131, p. 382 (1900)	do.
	Rapports présentés au Congrès Intern. de Phys. Paris 3, p. 47 (1900)	Ueber die Strahlung des Urans und verschiedener anderer radioaktiver Substanzen
	Compt. rend. 132, p. 371 (1901)	Ueber die sekundäre Aktivität d. Metalle
	Nature 53, 396 (1901)	Ueber Radioaktivität
	Compt. rend. 132, p. 734 (1901)	Ueber sekundäre Radioaktivität
	Compt. rend. 132, p. 1286 (1901)	Ueber magnetische Beeinflussung der Radiumstrahlung
	Compt. rend. 133, p. 199 (1901)	Ueber Uranstrahlung bei sehr niederen Temperaturen
	Compt. rend. 133, p. 709 (1901)	Ueber chemische Wirkungen der Radiumstrahlen
	Compt. rend 133, p. 977 (1901)	Ueber die Radioaktivität des Urans
	Compt. rend. 134, p. 208 (1902)	Ueber die Strahlung radioaktiver Substanzen
	Royal Institution 7 III, 1902	Ueber Radioaktivität
	Chem. News 85, p. 169 (1902)	
	Compt. rend. 136, p. 199 (1903)	Ueber die magnetische Ablenkbarkeit der Poloniumstrahlen
	Compt. rend. 136, p. 431 (1903)	Ueber Polonium- und Radiumstrahlung
	Compt. rend. 136, p. 977 (1903)	Ueber Poloniumstrahlen
	Compt. rend. 136, p. 1173 (1903)	Ueber Ionisation fester Körper durch Radiumstrahlen
	Compt. rend. 136, p. 1517, (1903)	Ueber eine Eigenschaft der α-Strahlen des Radiums
	Compt. rend. 137, p. 629 (1903)	Zur Theorie des Spinthariskops
	Compt. rend. 138, p. 184 (1904)	Ueber die Lichtstrahlung von Uransalze

Becquerel, H., u. **P. Curie,**	Compt. rend. 132, p. 1289 (1901)	Physiologische Wirkung der Radiumstrahlen
Behrendsen, O.	Ann. d. Phys. 69, p. 120 (1899)	Ueber Becquerelstrahlen
	Ann. d. Phys. (4) 2, p. 335 (1900)	Ueber das Verhalten des Radiums bei tiefen Temperaturen
	Phys. Zeitschr. 3, p. 572 (1902)	Ueber radioaktive in der Pechblende vorkommende Gase
Berndt, G.	Phys. Zeitschr. 2, p. 181 (1900)	Ueber Radium und Polonium-Spektra
Berthelot, M.	Compt. rend. 133, p. 659 (1901)	Ueber einige chemische Wirkungen d. Radiums
	Compt. rend. 133, p 973 (1901)	
	Ann. chim. phys. (7) 25, p. 452 (1902)	
	Ann. chim. phys. (7) 25, p. 458 (1902)	Radiumstudien
Bleckrode, L.	Ann. d. Phys. (4) 12, p. 218 (1903)	Radioaktivität des Poloniums
Bloch	Compt. rend. 132, p. 914 (1901)	Ueber die Einwirkung der Radiumstrahlen auf Selen
	Compt. rend. 135, p. 1324	Ueber die Emanation des Phosphors
	Soc. franç. de phys. 6. Febr. 1903	Ueber durch Phosphor hervorgerufene Ionisationserscheinungen
Blythswood	Nature 69, p. 317 (1904)	
Blythswood und **H. S. Allen.**	Phil. Mag. Dez. 1903	Radiumstrahlung u. Kontaktelektrizität
	Nature 69, p. 247 (1904)	
Bohn, G.	Compt. rend. 27. April 1903	Physiologische Wirkungen der Radiumstrahlen
Bolton, H. C.	Journ. Am. Chem. Soc. 22, p, 596 (1900)	Ueber radioaktive Substanzen
	Smithsonian Report 1899, p. 155 (1901)	Uebersicht
v. Bolton, W.	Ztschr. f. Elektrochem. 9, p. 767 (1903)	Ueber das Leuchten der Ionen
Borgmann, J. J.	Compt. rend. 124, p. 895 (1897)	Ueber Becquerelstrahlen
Branner	Trans. Chem. Soc. 73, p. 951 (1898)	
Bryan, G. H.	Nature 61, p. 151 (1900)	Becquerelstrahlen
Buffa, M.	Bull. de l'Ass. des Ing. électriciens de l'Institut Montefiore. Liège (3) 1, p. 269 (1901)	
Bumstead, H. A., u. **L. P. Wheeler.**	Sill. Journ. (4) 17, p. 97 (1904)	
Burke, John B. B.	Nature 62, p. 564 (1900)	Ueber die Phosphoreszenz in Gasen
	Phil. Mag. (6) 1, p. 342 (1901)	do. do.
	Phil. Mag. (6) 1, p. 455 (1901)	do. do.
	Electrician 49, p. 910 (1902)	do. do.
	Nature 66, p. 618 (1902)	do. do.

Campanile, J., und **G. di Ciommo.**	Phys. Zeitschr. 4, p. 648 (1903)	Kondensation in ionisierter Luft
Cantor, M.	Ann. d. Phys. (4) 9, p. 452 (1902)	Ueber den Einfluss der Becquerelstrahlung in elektrostatischen Feldern auf die Funkenentladung
Carr, W. R.	Roy. Soc. Canada. Mai 1902 Science (N. S.) 15, p. 1014 (1902)	Durch Kathodenstrahlen induzierte Radioaktivität
Caspari	Verh. d. Berl. Physiol. Ges. 1901 bis 1902. Arch. f. Physiol. 1902, p. 155	Demonstration der Wirkung der Becquerelstrahlen
Chaumet	Compt. rend. 134, p. 1139 (1902)	Ueber die Fluoreszenz von Diamanten
Cooke, H. L.	Phil. Mag. (6) 6, p. 403 (1903)	Strahlung der Erdoberfläche
Cook Gates, F.	Phys. Rev. 16, p. 300 (1903)	
des Coudres, Th.	Phys. Zeitschr. 4, p. 483 (1903)	Elektrostatische Ablenkbarkeit der Rutherfordstrahlen
de Courmelles, F. u. **G. Trouvé.**	Soc. franç. de phys. 172, 4 (1901)	Ueber leuchtende Strahlungen
Crookes, W.	Compt. rend. 128, p. 176 (1899)	Ueber die Energiequelle der radioaktiven Substanzen
	Proc. Roy. Soc. 66, p. 409 (1900)	Ueber die Radioaktivität des Uraniums
	Chem. News 81, p. 253—255 (1900)	do. do.
	Chem. News 81, p. 265—267 (1900)	do. do.
	Proc. Roy. Soc. 10. 5. 1900	do. do.
	Proc. Roy. Soc. (69) p. 413 (1902)	
	Chem. News 85, p. 109 (1902)	Radioaktivität und Elektronen-Theorie
	Trans. Chem. Soc. 81, p. 860 (1902)	
	Nature 65, p. 400 (1902)	Radioaktivität und Elektronen-Theorie
	Elect. Rev. 40, p. 496 (1902)	do. do.
	Proc. Roy. Soc. 71, p. 405 (1903)	Ueber Radiumemanation
	Electrician 50, p. 986 (1903)	
	Nature 67, p. 522 (1903)	
	An address before the Congress of applied Chemistry at Berlin. 5. Juli 1903	Modern views on matter
	Chem. News 87, p. 158	Radiumrätsel
	Chem. News 87, p. 241 (1903)	Phosphoreszenz des Zinksulfids. Spinthariskop
	Chem. News 87, p. 277 (1903)	Moderne Ansichten über Materie
Crookes, W., u. **J. Dewar.**	Nature 68, p. 213 (1903) Chem. News 88, p. 25 (1903)	Wirkung tiefer Temperaturen auf die Radiumemanation
	Chem. Centralbl. 2, p. 613 (1903)	

Curie, P. u. **S.,** bezw. **P.** od. **S.***)	Compt. rend. 124, p. 1101 (1898)	Ueber Uran- und Thorstrahlung
	Compt. rend. 127, p. 175 (1898)	Polonium
	Rev. gén. d. sciences, 30. Jan. (1899)	Theorie der Radioaktivität
	Soc. franç. de Physique, 3. März (1899)	Selbstleuchtende radiumhaltige Baryumverbindungen
	Compt. rend. 129, p. 714 (1899)	Ueber die durch Becquerelstrahlen hervorgerufene induzierte Radioaktivität
	Compt. rend. 129, p. 760 (1899)	Ueber das Atomgewicht des Radiums
	Compt. rend. 129, p. 863 (1899)	Ueber die chemischen Wirkungen der Becquerelstrahlen
	Compt. rend. 130, p. 73 (1900)	α und β-Strahlen Magnetische Trennung der Strahlung
	Compt. rend. 130, p. 76 (1900)	Ueber das Durchdringungsvermögen der α-Strahlen
	Soc. franç. de phys. No. 145, 3—4 (1900)	Radiumstrahlung bei der Temperatur d. flüssigen Luft
	Compt. rend. 130, p. 647 (1900)	Ueber die elektrische Ladung der β-Strahlen
	Compt. rend. 130, p. 1072 (1900)	Bemerkung zu einer Note von Le Bon
	Rapports présentés un Congrès Intern. de Phys., Paris 3, p. 79 (1900)	Ueber radioaktive Substanzen und deren Strahlen
	Compt. rend. 132, p. 1289 (1901)	Physiolog. Wirkungen der Radiumstrahlen
	Compt. rend. 134, p. 85 (1902)	Ueber radioaktive Substanzen
	Compt. rend. 134, p. 420 (1902)	
	Compt. rend. 135, p. 161 (1902)	Ueber Atomgewicht des Radiums
	Compt. rend. 135, p. 857 (1902)	Ueber die Zerstörungsgeschwindigkeit der Radiumemanation
	Phys. Zeitschr. 4, p. 234 (1902)	Polonium
	Phys. Zeitschr. 4, p. 314 (1903)	Ueber die Zerstörungsgeschwindigkeit der Radiumemanation
	Compt. rend. 136, p. 223 (1903)	Theorie der Radioaktivität
	Phys. Zeitschr. 4, p. 456 (1903)	Atomgewicht des Radiums
	Ann. de Chim. et de Phys. 7, p. 99 (1903)	Untersuchungen über die radioaktiven Substanzen

*) Auch die nur von einem der beiden Autoren veröffentlichten Arbeiten sind hier zusammengefasst.

Curie, P. u **S.,** bezw. **P.** od. **S.**	Chem. News 88, p. 97, p. 134, p. 145	Untersuchungen über die radioaktiven Substanzen
Curie u. **G. Bémont**	Compt. rend. 127, p. 1215 (1898)	Radium
Curie u. **Cheneveau**	Soc. franç. de phys. 3. April 1903	Magnetisierungszahl der Radiumchloride
Curie, P., u. **J. Daune**	Compt. rend. 136, p. 361 (1903)	Ueber die induzierte Radioaktivität fester Körper
	Compt. rend. 136, 1314 (1903)	Ueber d. Entaktivierungsgeschwindigkeit fester, durch Radiumemanation aktivierter Körper
Curie, P., u. **A. Debierne**	Compt. rend. 132, p. 548 (1901)	Geschlossenes Aktivierungsgefäss
	Phys. Zeitschr. 2, p. 500 (1901)	
	Compt. rend. 132, p. 768 (1901)	Ueber induzierte Radioaktivität
	Phys. Zeitschr. 2, p. 513 (1901)	
	Compt. rend. 133, p. 276 (1901)	Theorie der Radioaktivität
	Compt. rend. 133, p. 931 (1901)	Induzierte Radioaktivität
Curie, P., u **A. Labord**	Compt. rend. 136, p. 673 (1903)	Wärmeentwicklung der Radiumpräparate
Curie, P., u. **G. Sagnac**	Compt. rend. 130, p. 1013 (1900)	Ueber die negative elektrische Ladung der sekundären Röntgenstrahlen
Czermak, P.	Wien. Anz. 1903 No. 11, p. 162	Ueber Elektrizitätszerstreuung in der Atmosphäre
Dahms, P.	Himmel u. Erde 14, p. 309 u. 351 (1902)	Ueber eigenartige Lichterscheinungen
Danysz, J.	Compt. rend. 136, p. 461 (1903)	Wirkung der Radiumstrahlen auf Rückenmark und Gehirn
	Compt. rend. 137, p. 1296 (1903)	Radioaktivität und das Alter der Sonne
Darwin, G. H.	Nature 68, p. 496 (1903)	
Dauphin, J.	Compt. rend. 138, p. 154 (1904)	Einfluss der Radiumstrahlen auf d. Pflanzenwuchs
Debierne	Compt. rend. 129, p. 593 (1899)	Aktinium
	Compt. rend. 130, p. 906 (1900)	do.
	Compt. rend. 131, p. 333 (1900)	do.
	Compt. rend. 136, p. 446 (1903)	Induzierte Radioaktivität durch Aktinium
	Compt. rend. 136, p. 671 (1903)	do. do.
Decker, H.	Ber. d. Deutsch. chem. Ges. 33, 2277 (1900)	
Demarçay	Compt. rend. 127, p. 1218 (1898)	Radiumspektrum
	Compt. rend. 129, p. 716 (1899)	do.
Dewar u. **Curie**	Compt. rend. 138, p. 190 (1904)	Entwicklung von Helium aus Lösungen von Radiumbromid

Dolezalek	Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. 2, p. 18 (1901)	Empfindliches Quadrantenelektrometer
Dorn, E.	Abh. d. Naturf. Ges. Halle 20. Jan. 1900	Radiumemanation
	Abh. d. Naturf. Ges. Halle, 11. u. 26. März 1900	Elektrostatische Ablenkung der β-Strahlen
	Phys. Zeitschr. 1. p. 337 (1900)	Ueber das Verhalten der Radiumstrahlen im elektrischen Felde
	Compt. rend. 130, p. 1126 (1900)	Ueber Radiumstrahlen
	Phys. Zeitschr. 4, p. 507 (1903)	Ladung durch Radium
	Phys. Zeitschr. 4, p. 530 (1903)	Versuch über die zeitliche Gewichtsänderung durch Radium
Dubois, R.	Compt. rend. 131, p. 475 (1900)	Photobakterien
	Journ. de phys. (3) 9, p. 589 (1900)	do.
	Compt. rend. 132, p. 431, (1901)	Lumineszenzerscheinung.
Dufour, H.	C. R. soc. vaud. 15. Juni 1901	
	C. R. soc. vaud. 20. Nov. 1901	
	Arch. sc. phys. et nat. (4) 13, p. 185 (1902)	Ueber radioaktive Substanzen
	Arch. sc. phys. et nat. (4) 13, p. 537 (1902)	Ueb. unsichtbare Fluoreszenz
	C. R. Soc. vaud. 21. Mai 1902	
	Arch. sc. phys. et nat. (4) 14, p. 86 (1902)	Ueber radioaktive Substanzen
	Arch. sc. phys. et Nat. (4) 14, p. 311 (1902)	
Durack, J. J. E.	Phil. Mag. (6) 5, p. 550 (1903)	Ionisation durch Radiumelektronen
Ebert, H.	Münchener Sitz.-Ber. 33, p. 133 (1903)	Anreicherung der radioaktiven Emanation in flüssiger Luft
Ebert, H., und **P. Ewers**	Phys. Zeitschr. 4, p. 162 (1902)	Ueber radioaktive Emanation des Erdbodens
Ebert, H., und **B. Hoffmann**	Zeitschr. f. phys. Chem. 34, p. 80 (1900)	Phosphoreszenz des Phosphorpentoxyds
Elster, J.	Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. 2, p. 5 (1900)	Ueber Becquerelstrahlen
Elster, J., und **H. Geitel**	Ann. d. Phys. 66, p. 735 (1898)	Becquerelstrahlen - Versuche
	Ann. d. Phys. 69, p. 83 (1899)	do. do.
	Ann. d. Phys. 69, p. 673 (1899)	Einwirkung von Becquerelstrahlen auf elektrische Funken und Büschel
	Phys. Zeitschr. 2, p. 500 (1901)	Analogie in dem elektrischen Verhalten der natürlichen und der durch Becquerelstrahlen leitend gemachten Luft
	Phys. Zeitschr. 3, p. 76 (1901)	Durch atmosphärische Luft induzierte Radioaktivität

Elster, J., u. H. Geitel,	Naturw. Rdsch. 17, p. 614 (1902) Phys. Zeitschr. 3, p. 305 (1902)	
	Arch. des Sc. Phys. et Nat. (4) 13, p. 113 (1902)	Durch atmosphärische Luft induzierte Radioaktivität
	Phys. Zeitschr. 3, p. 574 (1902)	Ueber die Radioaktivität der im Erdboden enthaltenen Luft
	Phys. Zeitschr. 4, p. 113 (1902)	Ueber die photoelektrische Wirksamkeit durch Becquerelstrahlen gefärbter Salze
	Phys. Zeitschr. 4, p. 138 (1902)	Ueber transportable Apparate für Bestimmung der Radioaktivität der natürlichen Luft
	Phys. Zeitschr. 4, p. 457 (1903)	Ionisation der Luft bei langsamer Oxydation des Phosphors
	Chem. News 88, p. 37 (1903)	Phosphoreszenz von Zinksulfid
	Phys. Zeitschr. 4, p. 459 (1903)	Ueber die Phosphoreszenz der Sidot-Blende
	Phys. Zeitschr. 4, p. 522 (1903)	Ueber radioaktive Emanation der atmosphärischen Luft
	Phys. Zeitschr. 5, p. 11 (1904)	Ueber die radioaktive Substanz, deren Emanation in der Bodenluft und der Atmosphäre enthalten ist.
Everett, J. D.	Nature 67, p. 535 (1903)	Analogon zur Radiumwirkung
Exner, S.	Chem. Centralbl. 2, p. 276 (1903) Centralbl. f. Physiol. 17, p. 178 (1903)	Ueber die durch Radiumstrahlen in tierischen Geweben erzeugte Phosphoreszenz
Fehrle, K.	Phys. Zeitschr. 3, 130 (1901)	Ueber die Radioaktivität des Thoriumoxyds
Foley, A. L.	Science (N. S.) 13, p. 732 (1901)	Ueber Fluoreszenz-Erscheinungen beim Glasritzen durch Diamanten
Forch, C.	Phys. Zeitschr. 4, p. 318 (1903)	Zusammenhang zwischen Radioaktivität und Gravitationsenergie
	Phys. Zeitschr. 4, p. 443 (1903)	do. do.
Francesconi, L., u. G. Bargellini	Gazz. chim. ital. 32, p. 73 (1902)	
Gates, F. C.	Phys. Rev. 16, p. 300 (1903)	Ueb d. Wirkung der Hitze auf erregte Aktivität
	Phys. Rev. 17, p. 499 (1903)	Ueb. Chininsulfatstrahlen
Geigel, R.	Ann. d. Phys. (4) 10, p. 429 (1903)	Ueber die Absorption von Gravitations-Energie d. radioaktive Substanzen

Geigel, R.	Phys. Zeitschr. 4, p. 353 (1903)	Entgegnung
Geitel	Verh. 73. Naturf. Vers. Hamburg 2 (1), p. 72 (1901)	
	Phys. Zeitschr. 3, p. 76 (1901)	Die durch die atmosphärische Luft induzierte Radioaktivität
Gerdien, H.	Phys. Zeitschr. 4, p. 632 (1903)	Ueber die elektrische Leitfähigkeit der Atmosphäre
Giesel, F.	Ann. d. Phys. 69, p. 91 (1899)	Selbstleuchtende radiumhaltige Baryum - Verbindungen.
	Ann. d. Phys. 69, p. 834 (1899)	Magnetische Beeinflussung der Strahlen radioaktiver Substanzen
	Verh. d. Ges. deutsch. Naturforscher und Aerzte, München 1899	Wirkung der Strahlung radioaktiver Stubstanzen auf das Auge
	Verh. d. deutsch. phys. Ges. 2, p. 9 (1900)	Färbungen durch Radiumstrahlen
		Aktivierung inaktiven Wismuts
	Chem. Ber. 33, p. 1665 (1900)	Ueber radioaktives Baryum und Polonium
	Chem. Ber. 33, p. 3569 (1900)	Physiologische Wirkungen der Strahlungen radioaktiver Substanzen
	Chem. Ber. 34, p. 3772 (1901)	Ueber radioaktive Stoffe
	Chem. Ber. 35, p. 102 (1902)	Ueber radioaktives Blei
	Phys. Zeitschr. 3, p. 578 (1902)	Radiumbromid und sein Flammenspektrum
	Chem. News 85, p. 89 (1902)	Ueber radioaktives Blei
	Chem. Ber. 35, p. 3608 (1902)	Ueber radioaktive Stoffe
	Zeitschr. f. Elektrochem. 8, p. 579 (1902)	Ueber Becquerelstrahlen und radioaktive Substanzen
	Chem. News 87, p. 97 (1903)	Emanation d Pechblende
	Chem. Ber. 36, p. 342 (1903)	Ueber den Emanationskörper aus Pechblende und über Radium
	Chem. Ber. 36, p. 728	Polonium
	Chem. Ber. 36, p. 2368 (1903)	Poloniumaktivität
Gladstone, J. H.	Chem. News 86, p. 176 (1902)	Ueber das Fluoreszenzvermögen von Diamanten
Glew, F. H.	Nature 68, p. 200 (1903)	Radiumfluoreszenz
Gockel, A.	Physik. Zeitschr. 4, p. 602 (1903)	Ueber die Emanation des Phosphors
	Physik. Zeitschr. 4, p. 604 (1903)	Ueber die Emanation der Bodenluft
Goldstein, E.	Berl. Ber. 1900, 818	Phosphoreszenz anorganischer chemischer Präparate

Graetz, L.	Ann. d. Phys. (4) 9, 1100 (1903)	Eigentümliche Strahlungserscheinungen
	Phys. Zeitschr. 4, p. 160 (1902)	do. do.
Grusinzew	Journ. d. russ. phys.-chem. Ges. 34, p. 337 (1902)	Einwirkung der Radiumstrahlen auf das Entladungspotential
Gutton, C.	Compt. rend. 1. Febr. 1904	
de Haen	Ann. d. Phys. 68, p. 902 (1899)	Ueber eine radioaktive Substanz
Härden, J.	Phys. Zeitschr. 4, p. 306 (1903)	Ueber das Leuchten des Urannitrats
Hardy, W. B.	Nature 68, p. 548 (1903)	
	Proc. Cambr. Phil. Soc. 12, p. 201 (1903)	
Hardy. W. B., und H. K. Anderson	Proc. Roy. Soc. 21. Nov. 1903	Durch Radiumstrahlen hervorgebrachte Lichtempfindung
Hardy, W. B., und Miss E. G. Willcock	Proc. Roy. Soc. 72, p. 200 (1903)	Ueber die oxydierende Wirkung der Strahlung des Radiumbromids
		Zerlegung von Jodoform
Harms, F.	Phys. Zeitschr. 4, p. 111 (1902)	Ueber die Emanation des Phosphors
de Hemptinne, A.	Ann. soc. scient. d. Brux. 24 (1899)	Fluoreszenzerscheinungen
	Bull. de Belg. 1900, p. 356	Einfluss des Magnetismus auf Phosphoreszenz-Erscheinungen
	Compt. rend. 133, p. 934 (1901)	Einfluss radioaktiver Substanzen auf d. Leuchten der Gase
	Zeitschr. f. phys. Chem. 41, p. 101 (1902)	
Henning, F.	Ann. d. Phys. (4) 7, 562 (1902)	Ueber radioaktive Substanzen
	Ann. d. Phys. (4) 7, 893 (1902)	
Henry	Compt. rend. 122, p. 312 (1896)	Ueber photographische Wirkungen phosphoreszierenden Zinksulfids
Hesehus, N.	Journ. d. russ. phys. chem. Ges. 35, p. 525	Thermische Wirkungen der Radiumstrahlen
Hewitt, J. Th., u. B. W. Perkins	Journ. Chem. Soc. 77, p. 1324 (1900)	Fluoreszëin-Derivate
Heydweiller, A.	Phys. Zeitschr. 4, p. 81 (1902)	Gewichtsverlust der Radium-Präparate
	Ber. d. Naturf. Ges. Freib. 11, p. 126 (1900)	Versuche mit Becquerel- und Röntgenstrahlen
	Phys. Zeitschr. 1, p. 476 (1900)	
	Ann. d. Phys. (4) 4, p. 531 (1901)	Ueber einige Versuche mit Becquerel- und Röntgenstrahlen
Himstedt, F.	Ann. d. Phys. (4) 12, p. 107 (1903)	Ueber die Ionisierung der Luft durch Wasser

Himstedt, F., u. **W. A. Nagel**	Ann. d. Phys. (4) 4, p. 537 (1901)	Ueber die Einwirkung der Radiumstrahlen auf das Auge
	Phys. Zeitschr. 2, p. 362 (1901)	
Hofmann, K. A.	Zeitsch. f. wiss. Phot. 1, p. 79 (1903)	Die radioaktiven Stoffe
	Chem. Ber. 35, p. 1453 (1902)	do. do.
Hofmann, K. A., u. **Heidepriem**	Chem. Ber. 34, p. 914 (1901)	
Hofmann, K. A., A. Korn u. **E. Strauss**	Chem. Ber. 34, p. 407 (1901)	Einwirkung v. Kathodenstrahlen auf radioaktive Substanzen
Hofmann, K. A., u. **E. Strauss**	Chem. Ber. 33, p. 3126 (1900)	Ueber radioaktives Blei
	Chem. Ber. 34, p. 8 (1901)	do. do.
	Chem. Ber. 34, p. 907 (1901)	do. do.
	Chem. Ber. 34, p. 3033 (1901)	do. do.
	Chem. Ber. 34, p. 3970 (1901)	do. do.
Hofmann, K., u. **V. Woelfl**	Chem. Ber. 35, p. 692 (1902)	do. do.
	Chem. Ber. 35, p. 1453 (1902)	do. do.
	Chem. News 87, p. 241 (1903)	do. do.
Hofmann, K., u. **F. Zerban**	Chem. Ber. 35, p. 531 (1902)	Ueber radioaktives Thor
	Chem. News 85, p. 100 (1902)	do. do.
	Chem. Ber. 36, p. 3093 (1903)	do. do.
Huggins, W.	Proc. Roy. Soc. 82, p. 196 (1903)	Ueber das Spektrum der Radiumemanation
	Astrophys. Jour. 18, p. 390 (1903)	
Indrickson, F. N.	Journ. Chem. Soc. 84, II, p. 346 (1903)	Experimente mit Radiumbromid
Jaeger, G.	Vierteljahrsb. d. Wien. Vereins z. Förd. d. physik.-chem. Unt. 8, p. 173 (1903)	Ueber die Elektronentheorie
Joly, J.	Nature 68, p. 526 (1903)	Radium und das geolog. Alter der Erde
Kaufmann, W.	Verh. 73. Naturf. Vers. Hamburg 2 (1), p. 45 (1901)	Ueber die magnetische u. elektrische Ablenkbarkeit der Becquerelstrahlen
	Phys. Zeitschr. 2, p. 602 (1901)	Methode zur exakten Bestimmung von Ladung und Geschwindigkeit von Becquerelstrahlen
	Göttinger Nachr. 1901, Heft 2	Verhältnis der Ladung zur Masse eines vom Radium emittierten negativ geladenen Teilchens
	Göttinger Nachr. 1902, Heft 5	
	Phys. Zeitschr. 4, p. 54 (1902)	
	Göttinger Nachr. 1903, Heft 3	
	Ann. d. Phys. (4) 10, p. 894 (1903)	Bemerkung zu einer Arbeit des Herrn Geigel
Kehrmann, F., u. **B. Fluersheim**	Arch. sc. phys. et nat. (4) 10, p. 290 (1900)	Fluoreszenz-Studien
Kelvin, Lord W.	Nature 67, p. 103 (1902)	Becquerelstrahlen und Radioaktivität
	Phil. Mag. Februar 1904	

Kelvin, J. C. Beattie und **M. Smoluchowski**	Nature 64 (1897)	Ionisierung d. Luft durch Becquerelstrahlen
	Nature 55, p. 447 (1897)	
	Beibl. z. d. Ann. 21, p. 549 (1897)	
	Phil. Mag. 45, p. 277 (1898)	
	Phil. Mag. 46, p. 82 (1899)	
Koethner, P.	Zeitschr. f. angew. Chem. 15, p. 1153 (1902)	Selbststrahlende Materie, Atome und Elektronen
	Zeitschr. f. angew. Chem. 15, p. 1183 (1902)	
	Chem. Centralbl. 1, 4 (1903)	
Kohlrausch, F.	Verh. d. D. Physik. Gesellsch. 5, p. 261 (1903)	Beobachtung. an Becquerelstrahlen und Wasser
Kohlrausch, F., u. **F. Henning**	Verh. d. D. Physik. Gesellsch. 6, p. 144 (1904)	Ueber das Leitvermögen der Lösungen von Radiumbromid
Korn, A., u. **E. Strauss**	Ann. d. Phys. (4) 11, p. 397 (1903)	Ueber die Strahlung des radioaktiven Bleis
	Compt. rend. 136, p. 1312 (1903)	do. do.
Korolkow, A.	Journ. d. russ. phys. - chem. Ges. 35, p. 453	Ueber die Ablenkung der Becquerelstrahlen im Magnetfelde
Kučera, G.	Phys. Zeitschr. 4, p. 319 (1903)	Bemerkung zu einer Arbeit des Herrn Geigel
Lagrange, Ch.	Nature 68, p. 269 (1903)	Die Energiequelle des Radiums
Lebedinsky	Journ. Elektritschestwo 318 u. 352 (1902)	Wirkung der Radiumstrahlen auf die Funkenentladung
Le Bon, G.	Compt. rend. 130, p. 891 (1900)	Ueber den Verlust der Phosphoreszenz durch Erhitzung
	Compt. rend. 130, p. 1108 (1900)	Bemerkung zu einer Note von P. Curie
Leduc, S.	Compt. rend. 132, p. 542 (1901)	
	Compt. rend. 137, p. 949 (1903)	
Lehmann, H.	Ann. d. Phys. (4) 9, p. 964 (1902)	Zur Demonstration der Fluoreszenz
Lenard, P., u. **V. Klatt**	Ann. d. Phys. (4) 12, p. 439 (1903)	Ueber die Vernichtung der Phosphoreszenzfähigkeit durch Druck
v. Lengyel, B.	Chem. Ber. 33, p. 1237 (1900)	Ueb. radioaktives Baryum
	Chem. News 82, p. 25 (1900)	
Mc. Lennan, J. C.	Phil. Mag. (6) 3, p. 195 (1902)	Ueber gewissen Salzen durch Kathodenstrahlen erteilte Radioaktivität
	Phys. Zeitschr. 2, p. 704 (1901)	
	Phil. Rev. 16, p. 238 (1903)	Induzierte Radioaktivität am Fusse von Wasserfällen
	Phil. Mag. (6) 5, p. 419 (1903)	do. do.
	Phys. Zeitschr. 4, p. 295 (1903)	do. do.
Mc. Lennan, J. C., u. **F. Burton**	Phil. Mag. (6) 5, p. 699 (1903)	Ueber Radioaktivität gewöhnlicher Körper

Mc. Lennan, J. C., und F. Burton	Phys. Rev. 16, No. 3 u. 4 (1903)	Ueber die elektrische Leitfähigkeit der Luft
	Phil. Mag. (6) 6, p. 343 (1903)	Ueber die Radioaktivität der Metalle im allgemeinen
	Phys. Zeitschr. 4, p. 553 (1903)	
v. Lerch, E.	Ann. d. Phys. 12, p. 745 (1903)	Induzierte Thoriumaktivität
Levison, W. G.	Ann. New-York Acad. of Science 12, p. 628 (1899/1900)	Ueber die Strahlungen des Uranits
Lewis, P.	Ann. d. Phys. (4) 2, 459 (1900)	Ueber Fluoreszenz und Nachleuchten b. d. elekt. Entladung in Stickstoff
Lodge, O.	Nature 67, p. 511 (1903)	Radium-Emission
Maier, M.	Natur u. Offenb. 46, p. 714 (1900)	Uranstrahlen
	Phys. Zeitschr. 2, p. 33 (1900)	do.
Marckwald, W.	Chem. News 84, p. 190 (1901)	Herstellung der Radium-Präparate
	Verhdl. d. 74. Ges. d. Naturf. u. Aerzte, Karlsbad 1902	Radioaktives Wismut
	Verhdl. d. Deutsch. Phys. Ges. 4, p. 12 (1902)	do.
	Verhdl. d. Deutsch. Phys. Ges. 4, p. 252 (1902)	do.
	Chem. Ber. 35, p. 2285 (1902)	do.
	Phys. Zeitschr. 4, p. 51 (1902)	Ueber den radioaktiven Bestandteil des Wismuts aus der Joachimsthaler Pechblende
	Chem. Ztg. 26, p. 895 (1902)	
	Chem. Centralbl. 1902, 2, p. 1091	
	Chem. Ber. 35, p. 4239 (1902)	
	Chem. Ber. 36, p. 2662 (1903)	Radiotellur
	Ber. d. deutsch. pharm. Ges. 13, p. 11 (1903)	Ueber radioaktive Stoffe
	Chem. Centralbl. 1, p. 612 (1903)	
	Chem. Ber. 37, p. 88 (1904)	Beiträge zur Kenntnis des Radiums
de Marsy, A.	La Nature 29, p. 410 (1901)	Unsichtbare Phosphoreszenz
Martin, G.	Chem. News 83, p. 130 (1901)	Radioaktivität und Atomgewicht
	Chem. News 85, p. 205 (1902)	Theorie der Radioaktivität
	Chem. News 85, p. 310 (1902)	Valenz und Radioaktivität
	Chem. News 88, p. 197 (1903	Cosmische Radioaktivität
Merritt, E.	Science (N. S.) 18, p. 41 (1903)	Ueber radioaktive Substanzen
Meyer, J.	Zeitschr. f. Elektrochemie 9, p. 775 (1903)	Ueber radioaktive Stoffe
Meyer, St.	Ann. d. Phys. 69, p. 237 (1899)	
Meyer, St., u **Egon R. v. Schweidler**	Wien. Anz. 3. u. 9. Nov. 1899	
	Phys. Zeitschr. 1, p. 90 (1899)	Magnet. Beeinflussung der Strahlung radioaktiver Substanzen

Meyer, St. und **Egon R. von Schweidler**	Phys. Zeitschr. 1, p. 113 (1899) Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss., Wien. 11. März 1900 Phys. Zeitschr. 1, p. 209 (1900)	Ueb. Radium u. Poloniumstrahlung Ueber das Durchdringungsvermögen der Strahlung der radioaktiven Substanzen
Micheli, F. J.	Arch. sc. phys. et nat. (4) 12, p. 3 (1901)	Einfluss der Temperatur auf phosphoreszierende Körper
Mie, G.	Verh. naturw. Ver. 14. p. 2 (1901)	Ueber Becquerelstrahlen
Mills, E. J.	Nature 69, p. 224 (1904)	
Mizuno, T.	Electrician, London 46, p. 399 (1901)	Durchlässigkeit der Metalle für Radiumstrahlen
Nance, J. T.	Nature 69, p. 343 (1904)	Die α-Strahlen d. Radiums
Niewenglowski	Compt. rend. 122, p. 386 (1896)	Photographische Wirkung m. vorbelichtetem Calciumsulfid
Novák, Vl.	Čás. 30, p. 223 (1901)	Ueber radioaktive Substanzen
Oechsner v. Coninck	Ann. de chim. et phys. 7 (28), p. 5 (1903)	Ueber Uransalze
Owens	Phil. Mag. (5) 48, p. 360 (1899)	Ueber Thoriumstrahlung
Paillot, R.	Compt. rend. 138 p. 139 (1904)	Wirkung der Radiumstrahlen auf den Widerstand von Wismut
Partridge, E. A., u. **R. H. Bradbury**	Journ. Frankl. Jnst. 156, p. 321 (1903)	Ueber Radioaktivität
Patterson, J.	Phil. Mag. (6) 6, p. 231 (1903)	Ueber d. Ionisation d. Luft
Paulsen	Rapports, Paris 1900	Benutzung des Radiums zum Studium der atmosphärischen Elektrizität
Pegram, G. B.	Science (N. S.) 13, p. 274 (1901) Science (N. S.) 14, p. 53 Science (N. S.) 16, p. 907 (1902) Phys. Rev. 17, p. 424 (1903)	Radioaktive Mineralien Radioaktive Substanzen Ueber Elektrolyse von Radiumsalzlösungen
Piltschikow, N.	Westnik opitnajfisiki 1900, p. 217 Westnik opitnajfisiki 1901, p. 3 Journ. Soc. phys. chim. russe 34, p. 15 (1902)	Das Radium und seine Strahlen do. do. do. do.
Plowman, A. B.	Phys. Zeitschr. 4, p. 210 (1902)	Ueber den Pflanzenwuchs in ionisiertem Boden
Poincaré, H.	Revue générale des Sciences, 30. Jan. 1896	Zusammenhang zwischen Fluoreszenz u. Röntgenstrahlen
Precht, J.	73. Naturf.-Vers., Hamburg 1901 Phys. Zeitschr. 3, p. 457 (1902)	Eigenschaften der Becquerelstrahlen Lumineszenz bei tiefen Temperaturen
Ramsay, W.	Chem. News 88, p. 40 (1903)	Das Radiumrätsel
Ramsay, W., und **F. Soddy**	Nature 68, p. 246 (1903)	In Radiumbromid occludierte Gase

Ramsay, W., und **F. Soddy**	Phys. Zeitschr. 4, p. 651 (1903)	Ueber die Entstehung von Helium aus Radium
	Nature 68, p. 354 (1903)	
	Proc. Roy. Soc. 72, p. 204 (1903)	
	Chem. News 88, p. 100 (1903)	
Re, F.	Compt. rend. 136, p. 1393 (1903)	Hypothese über die Natur d. radioaktiven Körper
	Compt. rend. 136, p. 1517 (1903)	
Richardson, O. W.	Phil. Mag. (6) 6, p. 80 (1903)	Ueber Ionisationserscheinungen
Richarz, F., und **R. Schenck**	Berl. Ber. 1903, p, 1102	Ueb. Analogieen zwischen Radioaktivität und dem Verhalten des Ozons
Righi, A.	Phys. Zeitschr. 4, p. 641	Ueber die Ionisierung der Luft durch eine elektrisierte Spitze
	Cim. (5) 6, p. 31 (1903)	
Rosenheim, O.	Chem. News 86, p. 247 (1902)	Erregung der Fluoreszenz von Diamanten durch radioaktive Substanzen
Rubens, H., und **E. Aschkinass**	Verh. Deutsch. phys. Ges. 2, p. 13 (1900)	Vorlesungsversuch über d. magnetische Ablenkbarkeit der Becquerelstrahlen
Runge, C.	Ann. d. Phys. 2, p. 742 (1900)	Ueber das Spektrum des Radiums
Runge, C., und **J. Precht**	Phys. Zeitschr. 4, p. 285 (1903)	Die Stellung des Radiums im periodischen System nach seinem Spektrum
	Ann. d. Phys. (4) 10, p. 655 (1903)	Ueber das Spektrum des Radiums
	Sitz.-Ber. d. Berl. Akad. 38, p. 783 (1903)	
	Ann. d. Phys. (4) 12, p. 407 (1903)	Ueb. das Funkenspektrum des Radiums
	Phil. Mag. (6) 5, p. 476 (1903)	
	Sitz.-Ber. d. Berl. Akad., p. 423 (1904)	
Rutherford, E.	Phil. Mag. (5) 47, p. 109 (1899)	Ueber Uranstrahlung
	Phil. Mag. (5) 49 p. 1 (1900)	Thorstrahlung.
	Phil. Mag. (5) 49, p. 161	Erregte Radioaktivität durch Thorium.
	Phys. Zeitschr. 1, p. 347 1900	do. do.
	Phys. Zeitschr. 2, p. 429 (1901)	Einfluss der Temperatur auf d. Emanation radioaktiver Substanzen
	Nature 64, p. 157 (1900)	Ueber d. Emanation radioaktiver Substanzen
	Chem. News 85, p. 55 (1902)	Ueber Thor-Emanation
	Chem. News 85, p. 196 (1902)	Das neue Radiumgas
	Nature 66, p. 318 (1902)	Durchdringende Strahlen der radioaktiven Stoffe
	Science 15, p. 1013 (1902)	Ueber Radium - Thorstrahlung

Rutherford, E.	Phys. Zeitschr. 3, p. 210 (1902)	Uebertragung erregter Radioaktivität
	Phys. Zeitschr. 3, p. 254 (1902)	Versuche über die erregte Radioaktivität
	Phys. Zeitschr. 3, p. 517 (1902)	Sehr durchdringende Strahlen radioaktiver Substanzen
	Phil. Mag. (6) 5, p. 95 (1903)	Ueber die Uebertragung der erregten Radioaktivität
	Phys. Zeitschr. 4, p. 235 (1902)	Die magnetische und elektrische Ablenkung der leicht absorbierbaren Radiumstrahlen (α-Strahlen)
	Phil. Mag. (6) 5, p. 177 (1903)	
	Phil. Mag. (6) 5, p. 481 (1903)	Einige Bemerkungen üb. Radioaktivität
	Nature 67, p. 511 (1903)	Radioaktivität gewöhnlicher Stoffe
	Nature 68, p. 163 (1903)	
	Proc. Phys. Soc. London 18, p. 595 (1903)	Radioaktive Prozesse
	Chem. News 87, p. 297 (1903)	do. do.
	Phil. Mag. (6) 5, p. 580 (1903)	
	Nature. 7. Januar 1904	
	Nature 69, p. 222 (1904)	Abhängigkeit der Radioaktivität von d. Konzentration des Radiums
Rutherford, E., u. S. J. Allen	Phil. Mag. (6) 4, p. 701 (1902)	Ueber erregte Radioaktivität und Ionisation der Atmosphäre
	Phys. Zeitschr. 3, p. 225 (1902)	
Rutherford, E., u. H. T. Brooks	Trans. of the Roy. Soc. of Canada (2) 7, p. 21 (1901)	Radiumgas
	Chem. News 85, p. 196 (1902)	do.
	Phil. Mag. (6) 4, p. 1 (1902)	Vergleich d. Strahlungen radioaktiver Substanzen
Rutherford, E., u. Cooke	Phys. Rev. 16, p. 183 (1903)	Eine durchdringende Strahlung die von der Erdoberfläche ausgeht
Rutherford, E., u. R. K. Mc. Clung	Phil. Trans. A. 146, p. 25 (1900)	
	Trans. Roy. Soc. 196, p. 55 (1901)	
	Phys. Zeitschr. 2, p. 53 (1901)	
Rutherford, E., u. M. A. G. Grier	Phil. Mag. (6) 4, p. 315 (1902)	Ueber ablenkbare Strahlungen radioaktiver Substanzen
	Phys. Zeitschr. 3, p. 385 (1902)	
Rutherford, E., u. R. B. Owens	Canada Trans. (2), 5, p. 9 (1899)	Thor- und Uranstrahlen
	Chem. News 85, p. 261 (1902)	
	Chem. News 85, p. 271 (1902)	Ueb. radioaktive Emanationen
	Chem. News 85, p. 282 (1902)	do. do.

Rutherford, E., u. R. B. Owens	Chem. News 85, p. 293 (1902)	Ueb. radioaktive Emanationen
	Chem. News 85, p. 304 (1902)	do. do.
	Journ. Chem. Soc. 81, p. 321 (1902)	
	Journ. Chem. Soc. 81, p. 837 (1902)	Ueber die Ursache und Natur d. Radioaktivität
Rutherford, E., u. F. Soddy	Proc. Chem. Soc. 18, p. 2 (1902)	
	Proc. Chem. Soc. 18, p. 219 (1902)	
	Chem. News 86, p. 97 (1902)	Ueb. die Thoriumemanation
	Chem. News 86, p. 132 (1902)	do. do.
	Chem. News 86, p. 169 (1902)	do. do.
	Chem. News 86, p. 291 (1902)	
	Phil. Mag. (6) 4, p. 370 (1902)	Ueber die Ursache und Natur d. Radioaktivität
	Phil. Mag. (6) 4, p. 569 (1902)	
	Phil. Mag. (6) 5, p. 441 (1903)	Die Radioaktivität des Urans
	Phil. Mag. (6) 5, p. 445 (1903)	Radium und Thorium, Radioaktivität
	Phil. Mag. (6) 5, p. 561 (1903)	Kondensation d. Radiumemanation
	Phil. Mag. (6) 5, p. 576 (1903)	RadioaktiveUmwandlung
Saake, W.	Phys. Zeitschr. 4, p. 626 (1903)	Messungen des elektr. Potentialgefälles, der Elektrizitätszerstreuung u. d. Radioaktivität der Luft im Hochthal von Arosa (Schweiz)
Sack	Chem. Zeit. No. 61, p. 650 (1900)	Ueber radioaktive Substanzen
Sagnac, G.	Journ. d. Phys. (4) 2, p. 545 (1903)	Ueber Radium
Schenck, R.	Berl. Ber. 1904, p. 37	Theorie der radioaktiven Erscheinungen
Schincaglia, J.	Cim. (4) 11, p. 299 (1900)	Ueb. Fluoreszenzerscheinungen
Schmauss, A.	Phys. Zeitschr. 3, p. 85 (1901)	Ueber die Phosphoreszenz unter dem Einfluss von Kathodenstrahlen und ultraviolettem Licht
Schmidt, G. C.	Verh. Phys. Ges. 17 (14. Fbr. 1898)	
	Ann. d. Phys. 65, p. 141 (1898)	Thorstrahlung
	Phys. Zeitschr. 1, p. 466 (1900)	Fluoreszenz des Chinins
	Phys. Zeitschr. 3, p. 475 (1902)	Ueber die Emanation des Phosphors
	Ann. d. Phys. 10, p. 704 (1903)	do. do.
	Phys. Zeitschr. 4, p. 293 (1903)	do. do.
Schuster, A.	Chem. News 88, p. 166 (1903)	Kosmische Radioaktivität
Schwarz, G.	Pflueg. Arch. 100, p. 532 (1903)	Ueber die Wirkung der Radiumstrahlen
	Chem. Centralbl. 1, p 304 (1904)	
v. Schweidler, E.	Phys. Zeitschr. 4, p. 521 (1903)	Ueber die angebliche Radioaktivität u. Lumineszenz von Reten

Scott	Trans. Am. Inst. Electr. Eng. 20, p. 537	Ueber radioaktive Substanzen
Sella, A.	Rend. Lincei (5) 11 (1. Sem.) p. 57 (1902)	Untersuchungen über induzierte Radioaktivität
	Rend. Lincei (5) 11 (1. Sem.) p. 242 (1902)	do. do.
	Rend. Lincei (5) 11 (1. Sem.) p. 369 (1902)	do. do.
	Nuov. Cim. (5) 3, p. 138 (1902)	do. do.
	Nuov. Cim. (5) 4 p. 131 (1902)	
	Rend. Lincei (5) 11 (2. Sem.) p. 81 (1902)	do. do.
Sella, A., u. A. Pochettino	Rend. Lincei (5) 11 (1. Sem.) p. 527 (1902)	Ueb. die elektrische Leitfähigkeit der aus einem Wasserstrahl-Geblaese herausströmenden Luft
Simpson, G. C.	Phil. Mag., Nov. 1903	
Skinner, S.	Proc. Cambr. Phil. Soc. 12, p. 260 (1903)	Wirkung von Radiumstrahlen auf Queckssilbersalze
	Proc. Cambridge. Phil. Soc., (12. Jan. 1904)	do. do.
	Chem. News 89, p. 58 (1904)	Photograph. Wirkung d. Radium-Strahlen
	Nature 69, p. 317 (1904)	
Soddy, F.	Proc. chem. soc. 18, p. 121 (1902)	Radioaktivität des Uraus
	Journ. chem. soc. 81, p. 860 (1902)	
	Chem. News 85, p. 262 (1902)	
	Chem. News 86, p. 199 (1902)	
	Contemp. Rev. 708 (1903)	Fortschritte bezüglich der Radioaktivität
	Chem. Centralbl. 2, p. 91 (1903)	
	Nature 69, p. 297 (1904)	Radiumuntersuchungen
	Nature 69, p. 343 (1904)	Die α-Strahlen d. Radiums
Soret, Ch.	Arch. sc. phys. et nat. (4) 14, p. 560 (1902)	
Stark, J.	Naturw. Rdsch. 18, p. 2 (1903)	Die Ursache und Natur der Radioaktivität
	Phys. Zeitschr. 4, p. 583 (1903)	Bemerkung z. Ablenkung der positiven Strahlen im Magnetfelde
Stewart, R. M.	The Phys. Rev. 11, p 155 (1900)	Ueberblick
	Trans. of Roy. Soc. of Canada 8, 3, p. 97 (1902)	Ueber erregte Radioaktivität
Strauss, E.	Allg. Naturf.-Zeitg. 1, p. 52 (1901)	Radioaktive Substanzen
	Ann. d. Phys. 2, p. (1903)	Radioaktives Blei
Strutt, R. J.	Nature 61, p. 539 (1900)	Ueber die Absorption der Becquerelstrahlen
	Proc. Roy. Soc. 66, p. 75 (1900)	Magnetische Beeinflussung von Becquerel- und Röntgenstrahlen
	Chem. News 81, p. 61 (1900)	
	Phil. Trans. A. 196, A. 284, p. 507 (1901)	

Strutt, R. J.	Proc. Roy. Soc. 68, p. 126 (1901)	Ionisation v. Gasen durch Becquerelstrahlen
	Nature 67, p. 369 (1903)	
	Nature 67, p. 439 (1903)	
	Phil. Mag. (6) 5, p. 680 (1903)	Radioaktivität gewöhnlicher Substanzen
	Nature 68, p. 6 (1903)	Ueber die von radioaktiven Substanzen ausgestrahlte Energie
	Phil. Mag. (6) 6, p. 113 (1903)	Radioaktives Gas aus metallischem Quecksilber
	Phil. Mag. (6) 6, p. 250 (1903)	Fluoreszenz v. Krystallen durch Röntgenstrahlen
	Phil. Mag. (6) 6, p. 588 (1903)	Ueb. sehr durchdringende Radiumstrahlen
	Proc. Roy. Soc. 72, p. 208 (1903)	
	Chem. News 88, p. 101 (1903)	
Strutt, R. J., u. **J. Joly**	Nature 68, 572 (1903)	Das Radium und die Sonnenwärme
Sullivan, X.	Science (NS.) 17, p. 376 (1903)	Die Wirkung v. Fluoreszenzstrahlen auf Bakterien
Tafel, J.	Ann. d. Phys. (4) 11, p. 613 (1903)	Wirkungen von Kanalstrahlen auf Zinkoxyd
Thomson, J. J.	Phil. Soc. Cambridge (3. März 1902)	Ueber induzierte Radioaktivität
	Nature 65, p. 550 (1902)	
	Cambr. Proc. 11, p. 505 (1902)	Ueber die Zunahme der elektrischen Leitfähigkeit der Luft, die bei deren Durchgang durch Wasser erzeugt wird
	Phil. Mag. (6) 4, p. 352 (1902)	
	Cambr. Proc. 12, (Mai 1903)	
	Nature 67, p. 391 (1903)	Radioaktivität gewöhnlicher Stoffe
	Harpers Mag. 106, p. 289 (1903)	Becquerelstrahlen
	Nature 67, p. 601 (1903)	Radium
	Nature 67, p. 609 (1903)	
	Cambr. Proc. (21. Oktober 1903)	
	Nature 68, p. 90 (1903)	Ueber ein radioaktives aus d. Wasserleitungswasser stammendes Kohlenwasserstoff ähnliches Gas
Tommasina, Th.	Cim. (4) 11, p. 47 (1900)	Ueb. Fluoreszenzerscheinungen
	Phys. Zeitschr. 1, p. 227 (1900)	do. do.
	Compt. rend. 133, p. 1299 (1901)	
	Compt. rend. 134, p. 900 (1902)	Absorption der Radioaktivität durch Flüssigkeiten
	Phys. Zeitschr. 3, p. 495 (1902)	Ueb. Strahlungsinduktion
	Phys. Zeitschr. 3, p. 497 (1902)	do.

Tommasina, Th.	Arch. sc. phys. et nat. (4) 13, p. 261 (1902)	
	Arch. sc. phys. et nat. (4) 13, p. 297 (1902)	
	Compt. rend. (9. Nov. 1903)	Spinthariskop - Phänomene
Townsend, J. S.	Phil. Mag. (6) 1, 198 (1901)	Einfluss des Gasdrucks auf die Ionisation
	Phil. Mag. (6) 5, p. 698 (1903)	Spezifische Ionisation durch Radiumstrahlung
	Phys. Zeitschr. 4, p. 557 (1903)	
Troost	Compt. rend. 122, p. 564 (1896)	Photographische Wirkung phosphoreszierender hexagonaler Blende
Tschugaeff, L.	Journ. Soc. phys. chim. Russe 32, p. 837 (1901)	Ueber Tribolumineszenz
	Chem. Ber. 34, p. 1820 (1901)	do. do.
Villard	Compt. rend. 130, p. 1010 (1900)	γ-Strahlen des Radiums
	Compt. rend. 130, p. 1178 (1900)	Radiumstrahlung
	Societé franç. de physique No. 144, p. 3 (1900)	Sekundäre Strahlenerregung
	Societé franç. de physique No. 149, p. 2 (1900)	Radiumstrahlung
	Societé franç. de physique No. 152, p. 4 (1900)	Aktivierter Wismut
Villari, E.	R. Acad. delle Science Fisiche e matematiche di Napoli, F. 7, Juli 1897	
de Visser, L. E. O.	Rec. trav. chim. Pays-Bas et Belge (2) 20, p. 435 (1901)	
	Rec. trav. chim. Pays-Bas et Belge (2) 22, p. 133 (1903)	
Voigt, W.	Arch. Néerl. (2), 6, p. 352 (1901)	Zur Theorie der Fluoreszenzerscheinungen
Voller, A.	Unterrbl. f. Math. u. Naturw. 6, p. 89 (1900)	Becquerelstrahlen
	Phys. Zeitschr. 4, p. 666 (1903)	Ueber die Radioaktivität d. Metalle im Allgemeinen
Walkhoff	Photogr. Rdsch., Okt. 1900	Physiologische Wirkung der Radiumstrahlen
Warlich, H.	Zeitschr. f. d. phys. Unterricht 13, p. 157 (1900)	Objektive Darstellung der Fluoreszenzfarben
Marshall Watts	Phil. Mag. (6) 6, p. 64 (1903)	Ueber das Atomgewicht des Radiums
Wiedemann, E.	Phys. Zeitschr. 2, p. 269 (1901)	Thermolumineszenz durch Radiumstrahlen
Wien, W.	Phys. Zeitschr. 3, p. 440 (1902)	Ueber Fluoreszenzerregung der Kanalstrahlen an Metalloxyden
	Phys. Zeitschr. 4, p. 624 (1903)	Selbstelektrisierung des Radiums
Wilberforce, L. R.	Nature 69, p. 198 (1903)	Durch Radiumstrahlen hervorgerufene Sekundärstrahlen

Wilde, H.	Chem. News 88, p. 190 (1903) Mem. and. Proc. Manchester Soc. 48, No. 1, (1903)	Theorie d. Radioaktivität
Wilson, C. T. R.	Nature 66, p. 143 (1902)	Ueber die Radioaktivität des Regens
	Cambr. Proc. 12, 17 (1903)	Ueber die Radioaktivität des Schnees
	Cambr. Proc. 12, p. 85 (1903)	
Wilson, W. E.	Nature 68, p. 222 (1903)	Radioaktivität u. Sonnenenergie
Wood, R. W.	Phil. Mag. (6) 3, p. 359 (1902)	Ueber Fluoreszenz des Natriumdampfs
	Science (N. S) 19, p. 195 (1904)	
Wood, R. W., u. **J. H. Moore**	Phil. Mag. (67) 6, p. 374 (1903)	do. do.
	Astrophys. Journ. 18, p. 94 (1903)	do. do,
Zachen, R.	Naturw. Wochenschr. 16, p. 318 (1901)	Das kontinuierl. Strahlungsvermögen d. radioaktiven Substanzen u. seine Erklärung

B. Zusammenfassende Darstellungen.

Becquerel, H.	Die Radioaktivität der Materie. Nature 63, p. 396 (1901)
	Rev. génér. des sciences 13, p. 603 (1902)
	Recherches sur une propriété nouvelle de la matière, Paris 1903
Curie, P.	Radium. Roy. Institution 1903
	Electrician 51, p. 403 (1903)
	Revue de recherches récentes sur la radioactivité. Journ. chim. phys. 1, p. 408—449 (1903)
Curie, S.	Recherches sur les Substances radioactives. 2. Auflage, Paris 1904
	— Dasselbe in deutscher Uebersetzung von W. Kaufmann (Die Wissenschaft, Heft 1), Braunschweig 1904
Danne, J.	Le Radium, sa preparation et ses propriétes. Paris 1904
Dorn, E.	Ueber die von den radioaktiven Substanzen ausgesandte Emanation, Stuttgart 1901
Elster, J.	Fortschritte auf dem Gebiete der Becquerelstrahlen. (Eders Jahrbuch d. Photographie 1901)
Giesel, F.	Ueber radioaktive Substanzen und deren Strahlen
	Sammlung chem. u. chem.-techn. Vorträge. Bd. VII. Heft 1, Stuttgart 1902
Hammer, W. J.	Radium. Polonium, Actinium. Chem. News 87, p. 25 (1903) und Electr. Review 42, p. 572 (1903)
	Radium and other radioactive Substances, New-York 1903
Hammer, W. J., u. A. Hess	Il radio. Le sue proprietà ed applicazioni, Turin 1903
Hofmann, K.	Die radioaktiven Stoffe nach dem gegenwärtigen Stande der wissenschaftlichen Erkenntnis, Leipzig 1903
Koethner, P.	Selbststrahlende Materie. Zeitschr. f. Naturw. 72, p. 331 (1900)
	Neue Forschungen auf dem Gebiete der selbststrahlenden Materie
	Sitzungs-Bericht d. Naturf.-Ges. in Halle, Okt. 1902
	Zeitschr. f. Naturw. 75, p. 124 (1903)
	Selbststrahlende Materie, Atome u. Elektronen. Zeitschr. f. angew. Chemie 15, p. 1153, 1183 (1902)
Mayer, H.	Die neueren Strahlungen. Mähr.-Ostrau 1904
Niewenglowski, G. H.	Le Radium. Paris 1904
Pegram, G. B.	Radioaktive Substanzen und ihre Strahlungen. Science (N. S.) 14, p. 53 (1901)
	Radium und Helium. Chem. Ber. 88, p. 39 (1903)
Righi, A.	La moderna teoria dei fenomeni fisici (Radioattività, ioni. elettroni), Bologna, Nicola Zanichelli, 1904
Soddy, F.	Radio-Activity. Electrician 52, p. 7 u. ff. (1903)
Stark, J.	Die Ursache und Natur der Radioaktivität nach den Untersuchungen von Rutherford und Soddy. Naturw. Rdsch. 18, p. 2, p. 17, p. 29 (1903)
	Die Dissoziierung und Umwandlung chemischer Atome. Braunschweig (1903)
Starke, H.	Ueber Becquerelstrahlen. Zeitschr. f. Instr. 20, p. 212 (1900)

Max Kohl * Chemnitz i. S.

Werkstätten für Präzisions-Mechanik

liefert als Spezialität:

Kompl. Einrichtungen für physikalische u. chemische Laboratorien.
Physikalische und chemische Apparate und Gerätschaften.
Einrichtung kompletter Röntgenkabinette.

Reinstes Radium
Radiumbromid absolut rein kristall. etc. etc.
Willemit zur Darstellung der Phosphoreszenz-Erscheinungen.
Kunzit zum Nachweis der Fluoreszenz-Erscheinungen.

Preise je nach Güte und Vorrat auf Anfrage.

Schöne Hand-Stücke von **Uran-Pecherz** Preis je nach Gewicht.

Preislisten mit ausführlichen Beschreibungen, Referenzen etc. kostenfrei.

Die **billigste** und **reichhaltigste**

Fachzeitschrift

für **Präzisions-Mechanik** u. **Optik** ist

„Der Mechaniker"

Bringt Beschreibung neuer wissenschaftlicher Instrumente und Apparate sowie Werkzeuge und berichtet über die neuesten Fortschritte der Physik und Elektrotechnik. Probenummern sowie Inhaltsverzeichnis des vorjährigen Jahrganges gratis und franko.

Abonnement
vierteljährlich nur Mk. 1,50.

Porto: 30 Pfg., Ausland 60 Pfg.

Administration der Fachzeitschrift: Der Mechaniker.
Berlin W., Potsdamerstr. 113, Villa V.

Von der in- und ausländischen Fachpresse glänzend besprochen:

Das Selen und seine Bedeutung in der Elektrotechnik
mit besonderer Berücksichtigung der
drahtlosen Telephonie
von
E. RUHMER.
Ungebunden 2 Mk. 40 Pfg.; eleg. geb. 3 Mk

Administration
der Fachzeitschrift „DER MECHANIKER"
Berlin W. 35, Potsdamerstr. 113.

Technische Bücher
und Zeitschriften

(in- und ausländische)
liefert schnellstens

MAX HARRWITZ
Buchhandlung und Antiquariat
Berlin W. 35, Potsdamerstr. 113.

Druck von Pass & Garleb, Berlin W. 35.

COUNTWAY LIBRARY OF MEDICINE
QC
795
R85
RARE BOOKS DEPARTMENT

COUNTWAY LIBRARY OF MEDICINE
QC
795
R85

RARE BOOKS DEPARTMENT